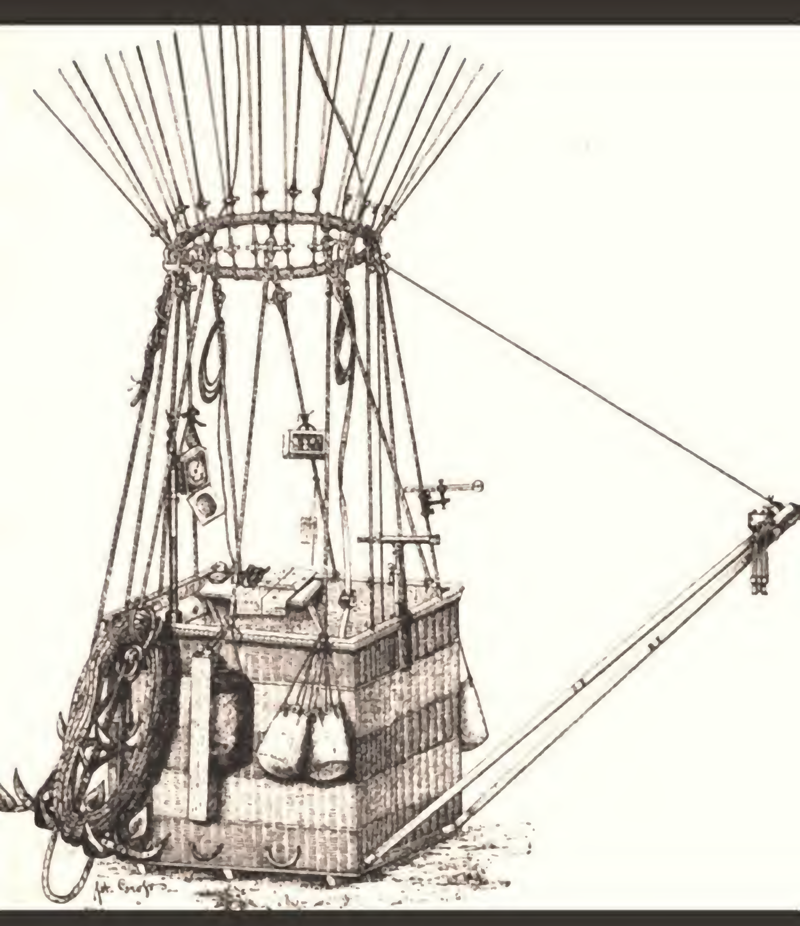


Beitrage zur erforschung der atmosphare mittels des luftballons

Richard Assmann, Arthur Berson, H. Gross,
Victor Felix Karl Kremser, Reinhard Joachim Süring

Beiträge

zur

Erforschung der Atmosphäre mittels des Luftballons.

Unter Mitwirkung von

A. Berson, H. Gross, V. Kremser und R. Süring

herausgegeben von

Richard Assmann.

Berlin.
MAYER & MÜLLER.
1900.





Vorwort.

Als im Jahre 1891 der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt“ in Berlin seinen lange schon vorbereiteten Plan zur Ausführung brachte, mit Hülfe neuer instrumenteller Vorrichtungen eine Nachprüfung der bisherigen, von der Theorie vielfach beanstandeten Ergebnisse wissenschaftlicher Luftfahrten vorzunehmen, war es nur selbstverständlich, dass die Resultate dieser Experimente in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt“, dem Organ des genannten Vereines, zur ersten Veröffentlichung gelangten.

Die damalige nur bescheidene Auflage dieser Zeitschrift legte indess den Betheiligten den Wunsch nahe, diese unter den Händen der Ausführenden zu unerwarteter Bedeutung anwachsenden Forschungen einem weiteren Kreise vorzulegen, indem man die entsprechenden Arbeiten, zu einer kleinen „Sammlung von Abhandlungen“ vereinigt, gesondert erscheinen liesse.

Als aber im Jahre 1893 auf Grund der bisher ausgeführten 6 „vorbereitenden“ Fahrten durch die hochherzige Unterstützung Seiner Majestät des Kaisers unserer Aufgabe eine ausserordentliche Erweiterung zu Theil geworden war, welche der deutschen Arbeit auf diesem Gebiete die Führung in die Hand gab, wurde auch der Rahmen zu eng, in dem die Berichte über diese Forschungen erscheinen sollten. Eine im grossen Stile angelegte, abermals durch die Kaiserliche Huld unterstützte Publikation sollte die Ergebnisse der schliesslich auf 75 angewachsenen wissenschaftlichen Luftfahrten darbieten und hieraus entsprangen die Gründe für ein Zurücktreten der geplanten „Sammlung von Abhandlungen“.

Nachdem dieses in drei Bänden bei der hochangesehenen Verlagsfirma von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig erscheinende Werk, dessen Widmung der hohe Förderer des Unternehmens anzunehmen geruht hat, unter dem Titel: „Wissenschaftliche Luftfahrten“, herausgegeben von Richard Assmann und Arthur Berson, so weit fertig gestellt ist, dass es binnen kürzester Frist zur Ausgabe gelangen wird, zeigte sich doch die Nothwendigkeit, neben diesem umfangreichen Berichte auch die ursprüngliche „Sammlung von Abhandlungen“ erscheinen zu lassen, um den Vielen, die, sei es als meteorologische Beobachter während der Ballonfahrten, oder als Hülfeleistende bei den Landungen, oder aus allgemeinem Interesse

an der Sache selbst Antheil nehmen, ein, wenn auch enger umgrenztes Bild von den Methoden der Forschung und ihrer Erfolge zu geben.

So wurden denn ausser allgemeinen Darstellungen geschichtlicher Art Erörterungen über die Erfordernisse einer wissenschaftlichen Ballonfahrt und die Resultate von 4 solcher Fahrten, und zwar der vom 30. Januar 1891, 1. und 14. März 1893 und 1. Juli 1894, soweit sie in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre“ zum Abdruck gelangt waren, in den folgenden Blättern vereinigt, wobei sich die beiden an der Angelegenheit betheiligten Verlagsfirmen — die Herren Mayer und Müller in Berlin als Verleger der „Zeitschrift für Luftschiffahrt“ und Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig als Verleger des Werkes: „Wissenschaftliche Luftfahrten“ — durch gegenseitige Ueberlassung von Textabschnitten und Clichés in bereitwilligster Weise unterstützten.

Hierbei sei bemerkt, dass durch den nachträglichen Ersatz einiger in Verlust gerathenen Clichés die Hinweisungen auf die Tafeln nicht überall mit deren Bezeichnung übereinstimmen, was, da Irrthümer hierdurch nicht entstehen können, entschuldigt werden möge.

So möge sich denn das Büchlein, das als ein Vorläufer und ein Theil des grösseren Werkes angesehen werden kann, neben diesem einige Freunde erwerben.

Richard Assmann.

Inhalt.

Nachtrag.





Vorbemerkungen.

Der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt" in Berlin, dessen Vorsitzender der Herausgeber nachfolgender Sammlung von Abhandlungen zur Zeit ist, hat im Jahre 1889 den Beschluss gefasst, systematische Forschungen mittels des Luftballons in grösserem Umfange vorzunehmen.

In Gemeinschaft mit dem Ingenieur Herrn Bartsch von Sigsfeld und dem Lieutenant der Luftschifferabtheilung Herrn Gross entwarf der Vorsitzende zu diesem Zwecke einen Arbeitsplan, welcher, den verhältnissmässig geringfügigen Mitteln des Vereines entsprechend, sich zunächst auf den Bau eines kleineren Fesselballons beschränkte. Dieser sollte Apparate tragen, welche selbstthätig in zuverlässiger Weise den Druck, die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft aufzeichnen.

Trotz verhältnissmässig reichlicher freiwilliger Beiträge seitens der Vereinsmitglieder erwiesen sich indes bald die vorhandenen Mittel als ungenügend, sodass man sich genöthigt sah, die Unterstützung wohlhabender Freunde der Wissenschaft anzurufen. Es würde dem Herausgeber übel anstehen, wenn er die Gelegenheit versäumen wollte, den opferbereiten Förderern unserer Sache an dieser Stelle seinen, des Vereines und, wie wir hoffen, auch eines weiteren Kreises von Männern der Wissenschaft verbindlichsten Dank auszusprechen.

So ermöglichte Herr Rudolph Hertzog in Berlin durch Schenkung der nöthigen, in ausgezeichnetster Qualität besonders hergestellten Seide im Werthe von 1200 Mk. die Anfertigung eines Ballons von 130 cbm Inhalt; Herr Geheimer Regierungsrath Dr. Werner von Siemens liess für unsere Zwecke aus Wolframstahldraht ein mit isolirter Kupferleitung versehenes Kabel herstellen, welches bei einer Länge von 815 m ein Gewicht von nur 16 kg, dabei eine Bruchfestigkeit von 500 kg besass. Derselbe Herr gestattete uns die Benutzung seines grossen, in Charlottenburg unmittelbar neben der städtischen Gasanstalt gelegenen Grasgartens und liess dort auf seine Kosten einen 8 m hohen, ebenso breiten und tiefen hölzernen Schuppen für

die Unterbringung des gefüllten Ballons errichten. Herrn Maschinenfabrikbesitzer Ingenieur O. Lilienthal verdankt der Verein die ausserordentlich billige Beschaffung einer vorzüglich eingerichteten eisernen Kabelwinde.

Die erheblichsten Schwierigkeiten aber wurden durch die Construction der für den Fesselballon nöthigen Registrirapparate bedingt, zumal solche, welche strengen Anforderungen an Zuverlässigkeit genügen, noch nicht existirten. Unter Hinweis auf die an späterer Stelle erfolgende eingehende Erörterung der einschlägigen Verhältnisse sei nur hier erwähnt, dass als Hauptbedingungen der Ausschluss jeden Strahlungseinflusses und die Unempfindlichkeit gegen die am Fesselballon unvermeidlichen Stösse zu erfüllen waren.

Nach einer langen Reihe von Enttäuschungen persönlicher und sachlicher Art gelang es dem Herausgeber dieser Abhandlungen, aller technischen Schwierigkeiten in vollständiger Weise Herr zu werden, sodass für die Experimente zwei gleiche Apparate, welchen der Name „Assmann'scher Aspirations-Meteorograph" zukommt, zur Verfügung gestellt werden konnten.

Die grossen Schwierigkeiten der Construction wurden indess die Veranlassung zu einem unerwartet hohen Preise der Apparate, dessen Deckung die vorhandenen Mittel ganz erheblich überschritten haben würde. Dem Besitzer der „Berliner Börsenzeitung", Herrn Kurt Killisch von Horn, welcher zu diesem Zwecke den Betrag von 3000 Mk. spendete, ist es zu danken, dass ein erheblicher Theil der Constructionskosten bezahlt werden konnte.

Die mittels des Fesselballons, welcher den Namen „Meteor" erhielt, und der Registrirapparate vorgenommenen zahlreichen Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse der Atmosphäre werden in unseren Abhandlungen, ihrem principiellen Werthe entsprechend, einen breiten Raum einnehmen. Vorweg sei jedoch bemerkt, dass die Verwendbarkeit des Fesselballons überhaupt eine durch die Windstärke ausserordentlich eingeengte ist; der Untersuchung mittels desselben können deshalb nur alle diejenigen Wetterlagen unterworfen werden, welche mit ganz schwacher Luftbewegung verbunden sind.

Hieraus ergab sich die Nothwendigkeit, das Programm des Vereines dahin zu erweitern, dass neben den Fesselballon-Experimenten auch solche mit frei fliegenden Ballons ausgeführt werden konnten.

Durch die vom Verfasser dieser Zeilen vervollkommnte Construction der nothwendigsten Instrumente für die Beobachtung im Luftballon, besonders durch dessen Erfindung des „Aspirations-Psychrometers," war die Möglichkeit gegeben, selbst unter den schwierigsten Verhältnissen völlig correcte Werthe zu gewinnen. Zudem bewiesen Vergleichungen mit allen bisher angewandten Beobachtungsmethoden die Fehlerhaftigkeit der letzteren, sodass hieraus die wissenschaftliche Nothwendigkeit hervor ging, an Stelle der bisherigen unrichtigen Ergebnisse neue und zuverlässige zu setzen, auf

welchen die hochwichtigen Arbeiten unserer Physiker und Meteorologen mit voller Sicherheit fussen können.

Abermals ist es der Opferwilligkeit des schon genannten Herrn Killisch von Horn zu danken, dass dem Vereine die erheblichen Mittel zur Herstellung eines grösseren Freiballons nicht fehlten: der auf Kosten dieses Förderers der Wissenschaft erbaute, 1200 cbm fassende Ballon, welchem der Besitzer den einer scherzhaften, in Berlin z. Z. üblichen Abkürzung entstammenden Namen „M. W.“ — „Machen wir!“ — gab, wurde dem Vereine zur freien Verfügung gestellt und ist damit zum „Träger“ zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen geworden. Ausserdem hat Herr Killisch von Horn noch einige wissenschaftliche Freifahrten mit seinem Ballon auf eigene Kosten unternommen.

Die Construction beider Ballons, des „Meteor“ und des „M. W.“ wurde nach den bewährten fachmännischen Plänen des Premierlieutenants der Kgl. Luftschifferabtheilung Herrn Gross ausgeführt; ausserdem übernahm genannter Herr auch die Führung der Freifahrten und die praktische Instruction des Verfassers zur Leitung der Fesselballon-Auffahrten in dankenswerthester Weise.

Der Director des Königl. Meteorologischen Instituts, Herr Geheimer Regierungsrath Professor Dr. W. von Bezold gewährte den Arbeiten des Vereines wesentliche Unterstützung, indem er nicht nur eine Reihe von meteorologischen Instrumenten für diesen Zweck zur Verfügung stellte, sondern auch die Mitarbeit der Beobachter des Instituts durch deren telegraphische Benachrichtigung bei jeder Freifahrt ermöglichte.

Eine ganz wesentliche Förderung wurde unseren Untersuchungen schliesslich dadurch zu Theil, dass die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin einer vom Verfasser dieser Zeilen gestellten, durch Herrn von Bezold warm befürworteten Bitte um Gewährung einer Geldunterstützung Folge gab und dieselbe in Höhe von 2000 Mk. bewilligte,

In dieser Weise ausgerüstet konnte der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt“ mit Beginn des Jahres 1890 an die Ausführung seines Programms herantreten. Die Resultate seiner Arbeiten bieten schon jetzt eine Fülle wichtigen und interessanten Materials zur Lösung mancher Räthsel, welche annoch die physikalischen Vorgänge in unserer Atmosphäre verhüllen, zumal die Zuverlässigkeit der Beobachtungsresultate, wir nachweisen werden, eine, soweit überhaupt möglich, derartig vollkommene ist, dass dieselben den weitestgehenden Schlüssen als sichere Grundlage zu dienen geeignet sind.

Aber wir können die Vorbemerkungen nicht schliessen ohne die Betonung der Nothwendigkeit, bei dem bisher Erreichten nicht stehen zu bleiben; nur ein kleiner Bruchtheil desjenigen, was zu erforschen Noth thut, ist bisher in Angriff genommen worden! Die Vielgestaltigkeit und der ununterbrochene Wechsel der atmosphärischen Vorgänge erheischt gebieterisch

die Anwendung des Gesetzes grosser Zahlen, um das, was aus Einzelbeobachtungen wahrscheinlich gemacht wird, in das Gebiet der physischen Sicherheit zu erheben!

So hofft denn der Herausgeber dieser Abhandlungen, dass die Mittel, um die in Angriff genommenen Forschungen im grossen Massstabe fortzuführen, nicht fehlen werden, sodass sich an die zur Zeit vorliegenden Abhandlungen noch eine lange Reihe weiterer anschliessen und die Sammlung derselben zu einem Quellenwerke von grundlegender Bedeutung für die Physik der Atmosphäre gestalten werde.

Der Plan für die Anordnung der hiermit eröffneten Sammlung ist der folgende.

Zunächst sollen die im Rahmen des „Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschiffahrt“ ausgeführten wissenschaftlichen Fahrten mittels des Freiballons und des gefesselten Ballons unter Wiedergabe der Beobachtungsergebnisse in extenso, Beifügung graphischer Darstellungen der Fahrtelemente und synoptischer Wetterkarten eingehend und erschöpfend mit allen Folgerungen erörtert werden. Der Verfasser der betreffenden Untersuchungen wird der jedesmalige wissenschaftliche Beobachter selbst sein. Ausserdem werden noch an gegebener Stelle fachmännische, für die Technik der Ballon-Construction, Füllung und Führung wichtig erscheinende Darlegungen eingefügt werden, welche bezwecken, sowohl andere gleichstrebende Forscher an den Ergebnissen unserer Experimente Antheil nehmen zu lassen, als auch der Luftschiffahrt selbst zu nützen.

Weiterhin sollen aber auch auf Wunsch Abhandlungen über solche Untersuchungen Aufnahme finden, welche von anderen Fachmännern angestellt worden sind, falls die Grundbedingungen unseres Programms erfüllt werden. Und diese sind:

1. Verwendung gleichartiger, oder doch solcher Beobachtungsmethoden, welche eine volle Gewähr der absoluten Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse bieten;
2. Ausführung der Beobachtungen durch fachwissenschaftlich gebildete, den Schwierigkeiten der Sache vollkommen gewachsene Forscher.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass unsere Sammlung von Abhandlungen das erste auf streng wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Werk über diesen Gegenstand sein wird. Denn die Resultate der seit nunmehr 35 Jahren unübertroffenen Ballonfahrten James Glaisher's sind in einer Reihe von Bänden verschiedener Jahrgänge des „Report of the British Association for the Advancement of Science“ zerstreut und deshalb schwer erhältlich; andererseits ist das einzige bessere zusammenfassende Werk „Voyages aériens par J. Glaisher, Flammarion, de Fonvielle et G. Tissandier“ durchaus nicht als ein wissenschaftliches zu bezeichnen, was besonders von den nicht aus Glaisher's Feder geflossenen Aufsätzen gilt.

Die Erfordernisse einer Ballonfahrt zu wissenschaftlichen Zwecken

Von **Richard Assmann.**

Jede wissenschaftliche Untersuchung, welche auf dem Experiment aufgebaut wird, erfordert in erster Linie eine sorgfältige Auswahl der zu verwendenden Apparate und eine strenge Prüfung der einzuschlagenden Methode. Deshalb ist es unerlässlich, an die Spitze unserer Abhandlungen eine sorgfältige Erörterung über diese Grundlagen der Forschung zu stellen und zu ermitteln, welche derselben geeignet sind, als sicheres Fundament zu dienen. Zugleich aber muss es als Pflicht erscheinen, scharfe Kritik zu üben an allen denjenigen Methoden, welche uns an Stelle der objectiven Wahrheit Irrthümer, an Stelle von Brot nur Steine liefern.

Kaum in einem anderen Zweige der physikalischen Forschung ist die Gefahr, trotz grosser Mühen und Opfer unbrauchbares Material zu gewinnen, so gross, wie auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Untersuchungen mittels des Luftballons. Schon der überwältigende Eindruck, welchen jede Ballonfahrt, zumal auf einen Neuling, ausübt, verringert bis zu einem gewissen Grade die Fähigkeit objectiver Beobachtung; der stete Wechsel der Erscheinungen erheischt aber eine unausgesetzte Thätigkeit unter äusserster Anspannung aller Sinne. Denn niemals gelingt es voraussichtlich, das, was man so eben versäumt hat, unter völlig gleichen Verhältnissen wiederzufinden. Der enge Raum im Korbe des Ballons erschwert die Bewegungen und Manipulationen des Beobachters, die bei der Ballonführung unvermeidlichen Massnahmen bewirken Unterbrechungen der Arbeit, bei welchen nicht selten hochwichtige Vorkommnisse unwiderbringlich verloren gehen.

Und wie gross ist nicht die Gefahr der eigenen Täuschung bei der Beobachtung selbst, wo oft ein kurzer, kaum sekundenlanger Blick genügen muss, um hochwichtige Erscheinungen festzuhalten! Und die Macht des Aussergewöhnlichen, der schwer zu bekämpfende Drang, Neues, noch Unerhörtes heimzubringen, mag er nicht schon manchem unter gewöhnlichen Verhältnissen gewissenhaften Forscher einen schlimmen Streich gespielt haben, zumal Niemand im Stande ist, den Beweis zu liefern, dass das Beobachtete den Thatsachen nicht entsprochen habe!

So eignet sich wahrlich nicht ein Jeder zum wissenschaftlichen Beobachter im Luftballon, und die Litteratur ist überreich an Beispielen, bei denen die wirklich brauchbaren wissenschaftlichen Ergebnisse durchaus nicht im Verhältniss stehen zu den hierfür aufgewandten Mühen und Kosten. Es nimmt sich recht sonderbar aus, wenn in den meist aus überschwänglichen Schilderungen bestehenden Berichten auf jeder dritten Zeile von den „meteo-

rologischen Beobachtungen" die Rede ist, während sich der Kundige des Verdachtes nicht erwehren kann, dass ausser den für die Führung des Ballons nöthigen Ablesungen des Aneroidbarometers nichts, oder nur höchst Unsicheres beobachtet worden ist.

Nicht weniger betrübend aber ist es, wenn einem ernsthaften Forscher, welcher das Glück hat, neue, vielleicht den herrschenden Anschauungen widersprechende Ergebnisse heimzubringen, der Zweifel an der Thatsächlichkeit des Beobachteten durch seine Fachgenossen entgegengebracht wird. Neben unerschütterlicher wissenschaftlicher Strenge, ausreichender Vorbildung und grosser Uebung im sicheren und schnellen Beobachten kann nur das Vorhandensein eines in einwurfsfreier Weise functionirenden Instrumentariums hiergegen Schutz gewähren.

Wir kommen so nach der Erörterung der „persönlichen" Erfordernisse an einen Ballonbeobachter zu der Besprechung der instrumentellen Einrichtungen.

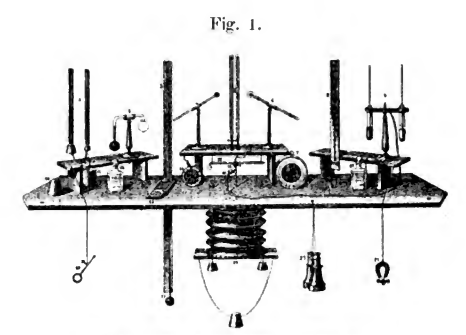
In erster Linie ist die Forderung aufzustellen, dass man nicht multa, sondern multum beobachten solle; wenn irgendwo, dann ist wahrlich im Luftballon „das Bessere der Feind des Guten!" Es ist bei der Umständlichkeit und Kostspieligkeit von Ballonfahrten allerdings mehr als natürlich, dass man bestrebt ist, die gebotene Gelegenheit bis zu den äussersten Grenzen hin auszunutzen und demgemäss so vieles, als nur irgend möglich, zu beobachten. Aber es ist sicherlich weiser gehandelt, sich von vornherein auf ein umgrenztes Gebiet zu beschränken, dieses aber in erschöpfender Weise der Untersuchung zu unterwerfen.

Zur näheren Erörterung dieser wichtigen Frage wollen wir zuerst den Arbeitsplan Glaisher's betrachten. Derselbe enthielt folgende Aufgaben:

1. Bestimmung der Lufttemperatur.
2. Ermittelung des Wasserdampfgehaltes der Luft.
3. Ermittelung des Thaupunktes der Luft nach einem Daniell'schen Thaupunkt-Hygrometer und einem Regnault'schen Condensations-Hygrometer.
4. Vergleichung eines Aneroidbarometers mit einem Quecksilberbarometer.
5. Beobachtungen über die Intensität der Sonnenstrahlung.
6. Beobachtungen über die Höhe und Art der Wolken, deren Dichtigkeit und Ausdehnung.
7. Beobachtung von Luftströmungen.
8. Beobachtungen über den Ozongehalt der Luft.
9. Sammlung von Luftproben aus verschiedenen Höhen zum Zwecke späterer analytischer Untersuchung.
10. Bestimmung des elektrischen Zustandes der Luft.

11. Schwingungsdauer einer Magnetnadel.
12. Spektroskopische Untersuchungen.
13. Beobachtungen über die Erscheinungen des Schalles.
14. Physiologische Beobachtungen an den Luftschiffern und an mitgenommenen Thieren.
15. Allgemeine Beobachtungen.

Fig. 1.



Aufstellung der Instrumente Glaisher's.

Zu diesem Zwecke führte Glaisher bei seinen Auffahrten folgende Instrumente mit sich, welche in obenstehender Figur 1, entnommen seiner Darstellung in „Voyages aériens," abgebildet sind.

1. Ein gewöhnliches Psychrometer (1), dessen Gefässe durch je einen trichterförmigen Schirm (10) von polirtem Metallblech gegen die Sonnenstrahlung geschützt wurden. Die Wasserzuführung zu dem Musselin des feuchten Thermometers geschah durch einen Saugedocht, welcher in ein Wassergefäss (11) eintauchte.
2. Ein „aspirirtes Psychrometer," (5) wie es Welsh im Jahre 1853 zuerst in Verwendung genommen hatte. Die Thermometergefässe waren in enge, spiegelnd polirte Metallröhren eingeschlossen, welche durch ein horizontales Rohr mit einander verbunden wurden. Ein Balgaspirator (20), welcher unter dem Tische befestigt war, führte mittels eines langen Schlauches die äussere Luft zuerst an dem Gefässe des trockenen, dann an dem des feuchten Thermometers vorbei. Zugleich diente derselbe Apparat für die Bewegung der Luft in dem Regnault'schen Condensations-Hygrometer (9).

3. Ein sogenanntes „Gridiron" oder „Rost"-Thermometer (8). Das Gefäss dieses Instrumentes bestand aus einer feinen, in Auf- und Abwindungen zu einem „Rost" gestalteten Glasröhre; die grosse Oberfläche desselben ertheilte dem Instrumente eine ausserordentliche Empfindlichkeit.
4. Ein Daniell'sches (2) und ein Regnault'sches Condensations-Hygrometer (9).
5. Ein Aneroidbarometer (7).
6. Ein Quecksilberbarometer (3).
7. Ein Thermometer mit russgeschwärzter Kugel (4).
8. Ein Schwarzkugelthermometer im Vacuum. (6).
9. Ein Maximum-Minimumthermometer (22).
10. Ein Compass (11).
11. Ein Elektroskop.
12. Moffatische und Schönbein'sche Ozonpapiere.
13. Eine Reihe verschliessbarer Flaschen für Luftproben.
14. Ein Spektroskop.
15. Eine photographische Camera mit Zubehör.
16. Diverse Hilfsapparate, wie Lupe, Krimstecher, Wasserflaschen u.s.w.

Man wird ohne weiteres erkennen, dass dieser Apparat und die mit demselben anzustellenden Beobachtungen weit über den Rahmen desjenigen hinausgehen, was von einem Einzelnen geleistet werden kann, zumal die meisten der Instrumente eine fortgesetzte und zeitraubende Bedienung erheischen.

Eine regelmässige und sorgfältige Beobachtung aller würde daher nur zur Folge haben, dass die Termine analoger Ablesungen weit aus einandergerückt werden, was durchaus nicht im Interesse der Sache liegt. Verderblicher würde es noch sein, wenn in Folge der Ueberzahl der Instrumente deren Ablesungen oberflächlich und sorglos ausgeführt werden sollten.

Nur ein Beobachter von der aussergewöhnlichen Gewandtheit Glaisher's konnte es ermöglichen, den grösseren Theil seiner Instrumente fortgesetzt mit Sicherheit abzulesen. Trotzdem lässt sich, wie durch Herrn Berson in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt", 1891 No. XII S. 281, nachgewiesen wurde, grade aus der grossen Anzahl seiner Beobachtungen mancher berechtigte Zweifel an deren voller Zuverlässigkeit ableiten.

Es erscheint deshalb wahrlich geboten, die Aufgabe bei jeder Ballonfahrt streng zu umgrenzen, deren Erfüllung aber bis in alle Einzelheiten hinein als obligatorisch zu betrachten.

Nach unseren Erfahrungen empfiehlt sich folgendes Programm.

In erster Linie sind fortgesetzte, möglichst häufige Beobachtungen des Barometers auszuführen. Besitzt man ein sorgfältig bei verschiedenen Drucken verglichenes gutes Aneroidbarometer und beabsichtigt man, die Höhe von 2000 m nicht zu überschreiten, so genügt ein solches allein; im

anderen Falle ist die Mitführung eines Quecksilberbarometers nicht zu entbehren.

Ferner ist ein Psychrometer thunlichst oft abzulesen, welches in irgend einer Weise gegen die Einflüsse der Sonnenstrahlung geschützt und empfindlich genug ist, um schnellen Aenderungen folgen zu können.

Ein sorgfältig verglichenes Schwarzkugelthermometer in Vacuum diene zur Bestimmung der Strahlungsintensität.

Ein guter Compass, ein Krimstecher und gute Karten sind zur Orientirung und Festlegung den Flugbahn des Ballons unentbehrlich. Hiermit soll aber auch das Instrumentarium für eine nicht speciellen Zwecken dienende Ballonfahrt erschöpft sein.

Erfolgen die Ablesungen aller dieser Apparate mit voller Sorgfalt in thunlichst kurzen Intervallen, so werden mittels derselben die für die Statik und Dynamik der Atmosphäre wichtigsten Aufgaben erfüllt.

Untersuchungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre in verschiedenen Höhen, mögen sich dieselben auf Ozon, Kohlensäure oder Anderes beziehen, mikroskopische Beobachtungen über die Constitution der Wolkenelemente, ebenso Experimente über das elektrische Verhalten der Atmosphäre, spektroskopische, oder physiologische Untersuchungen und Anderes sollten besonderen, diesen Zwecken vorweg gewidmeten Auffahrten vorbehalten bleiben, oder sollten doch, soweit dies möglich, nur gelegentlich, wo Wichtigeres nicht versäumt wird, ausgeführt werden.

Selbstverständlich lassen sich diese Aufgaben dann vereinigen, wenn an der Fahrt mehrere geübte Beobachter theilnehmen. Vorweg sei jedoch, was später noch näher ausgeführt werden soll, bemerkt, dass gewisse Fundamental-Ablesungen durchaus von zwei Beobachtern streng simultan ausgeführt werden müssen.

Von anderen Instrumenten, abgesehen von selbstregistrirenden, welcher noch ausführlicher gedacht werden wird, ist vornehmlich noch das „Schleuderpsychrometer“ zu erwähnen, welches seit seiner allgemeineren Einführung vornehmlich von den Franzosen und Amerikanern als „Normalinstrument“ bei Ballonfahrten in Verwendung genommen wird. Die Handlichkeit und bequeme Verwendbarkeit desselben hat ohne Zweifel viel dazu beigetragen, die erheblichen Fehler dieses Instrumentes bisher mit einer gewissen Geflissentlichkeit übersehen zu lassen. Wir werden an späterer Stelle ausführlich auf diese zurückkommen, müssen jedoch schon hier constatiren, dass man durchaus gezwungen ist, alle mittels des Schleuderpsychrometers angestellten Beobachtungen als unbrauchbar für strengere Untersuchungen zu bezeichnen. Dieses Urtheil ist um so schmerzlicher, als eine grosse Reihe sorgfältiger Beobachtungen, welche von Offizieren der Kgl. Preussischen Militair-Luftschifferabtheilung angestellt worden sind, gleichfalls durch dasselbe betroffen werden, welche anderntalls einen erheblichen wissenschaftlichen Werth besessen hätten. Ohne auf diese nicht

hierher gehörende Frage näher einzugehen, müssen wir doch feststellen, dass die eigenartigen Aufgaben der Militär-Luftschiffahrt die systematische Ausführung von Beobachtungen überhaupt nicht, oder doch nur gelegentlich und dann nur mit so einfachen Instrumenten, wie das Schleuderpsychrometer, gestatten.

Ebenso übergehen wir hier die für die Theorie des Luftballons und die Fahrtechnik ausserordentlich wichtigen Beobachtungen über die Temperatur der Ballonhülle und des Gases unter den wechselnden Verhältnissen der Fahrten. Dieselben werden in einem besonderen Abschnitt besprochen werden.

Es wird nun unsere nächste Aufgabe sein, zu untersuchen, in welcher Weise die mitgeführten Instrumente am oder im Korbe des Ballons anzubringen sind.

Die Lösung dieser Aufgabe erscheint auf den ersten Blick überaus einfach. Alle diejenigen Schwierigkeiten, welche z. B. die zweckentsprechende Aufstellung von Thermometern am Erdboden bekanntermassen bereitet, scheinen hier zu fehlen; der frei über dem Erdboden schwebende Luftballon ist allen irdischen Wärme-Einflüssen so weit entrückt, befindet sich vielmehr vollständig und unmittelbar eingetaucht in dasjenige Medium, dessen Temperatur bestimmt werden soll, dass man die Unnöthigkeit aller Schutzvorrichtungen für selbstverständlich halten müsste. Dass selbst erleuchtete Geister diesem schweren Irrthum, denn als einen solchen werden wir diese Ansicht erkennen, verfallen sind, lehrt das Beispiel des grossen Glaisher! Nebenstehende Abbildung, ebenfalls dem Werke „Voyages aériens“ entnommen, zeigt uns den Korb Glaisher's mit seiner instrumentellen Ausrüstung. Ein starkes Brett überbrückte den Raum des verhältnissmässig grossen Korbes; auf demselben waren alle die oben genannten Apparate befestigt, welche Glaisher, vor dem so geschaffenen Tische sitzend, beobachtete. Sein Unterkörper befand sich daher stets unterhalb des Brettes.

Fig. 2.



Glaisher und Coxwell im Korbe ihres Ballons.

Viel einfacher aber wurden von allen übrigen Ballon-Beobachtern die Apparate angebracht. Was irgend an den Korbleinen befestigt werden konnte, befestigte man an diesen, da man den Platz im Korbe nicht beengen wollte; benutzte man, wie dies bei vielen Fahrten der Franzosen geschehen ist, ein kleineres

oder grösseres Gehäuse oder eine Art kleinerer Hütte für die Thermometer, um sie gegen die als störend erkannten Einflüsse der Sonnenstrahlung zu schützen, so wurde dasselbe entweder am Korbrande, oder ebenfalls an den Korbleinen befestigt. An die Möglichkeit einer thermischen Beeinflussung der Instrumente durch den Korb selbst und dessen Insassen scheint man nirgends ernstlich gedacht zu haben!

Aber die Beobachtungen im Luftballon haben zwei überaus mächtige Feinde: die Wärmestrahlung der Sonne und die nahezu vollkommene Luftruhe, in welcher sich der Ballon und mit ihm alle Instrumente befinden. Die Intensität der Sonnenstrahlung nimmt aus bekannten Gründen mit der Höhe über dem Erdboden ausserordentlich stark zu. Ihr Einfluss auf alle diejenigen Körper, welche andere Absorptions-Coefficienten besitzen, als die atmosphärische Luft, wird deshalb ein entsprechend grösserer sein, als auf der Erdoberfläche.

Das wirksamste Mittel, um den Einfluss der Wärmestrahlung zu verringern, ist aber die Bewegung der die bestrahlten Körper umgebenden Luft, die Ventilation. Letztere aber fehlt bei einem freifliegenden Luftballon so gut wie vollständig, da derselbe gewissermassen selbst ein Theil der Luft ist und sich so mit derselben Geschwindigkeit fortbewegt, wie die Luft. Allein bei verticalen Eigenbewegungen des Ballons tritt eine entsprechende Luftbewegung ein.

So werden alle Beschirmungen der Thermometer unter dem Einflusse der starken Strahlungsintensität der Sonne beträchtlich über die Temperatur der umgebenden Luft erwärmt, ohne dass ihnen durch Erneuerung der letzteren Wärme entzogen wird. Entsprechend dem grossen Temperaturunterschiede zwischen bestrahlten und beschatteten Gegenständen wird nun von den erhitzten Wänden aller Gehäuse eine starke Zustrahlung „dunkler Wärme" nach den Thermometern selbst stattfinden; dieselben müssen daher sicherlich völlig irrthümliche Angaben liefern!

Aber nicht nur die Instrumente selbst und deren Beschirmungsvorrichtungen werden in Folge der Strahlung erheblich über die Lufttemperatur erwärmt, sondern auch der Korb selbst und alle Gegenstände, welche von der Strahlung getroffen werden; die letzteren müssen deshalb ebenfalls eine abnorm hohe Eigentemperatur annehmen und Wärme an ihre Umgebung abgeben.

Die Beweise hierfür, welche bei mehreren Ballonfahrten auf dem Wege des Experimentes gewonnen wurden, sollen bei der Erörterung der betreffenden Fahrten gegeben werden. Hier sei nur Folgendes erwähnt.

Herr L. Rotch, Director des Meteorologischen Observatoriums auf den Blue Hills bei Boston in Nordamerika erstattet in No. 5 des „American Meteorological Journal" vom Jahre 1891 einen Bericht über gleichzeitige Angaben eines Thermographen von Richard frères in Paris und eines Schleuderthermometers bei Gelegenheit zweier von ihm in Paris am 12. und

14. November 1889 ausgeführten Ballonfahrten. Der Thermograph war am Ringe des Ballons aufgehängt und wurde so viel als möglich gegen die Sonnenstrahlung geschützt, was sich wegen der fortwährenden Drehungen des Ballons als ausserordentlich schwierig erwies. Das Schleuderthermometer wurde möglichst weit ausserhalb des Korbes mittels einer Schnur schnell im Kreise geschwungen.

Am 12. November registrirte gegen $2^1/_4$ p in 700 m Höhe der Thermograph eine Lufttemperatur von 13.0°, das Schleuderthermometer zeigte gleichzeitig 10.3°; um $2^1/_2$ p das erstere Instrument 13.1°, das Schleuderthermometer 8.0°; um 3 p gaben beide gleichzeitig 12.0° und 7.2°. Am 14. November ergaben sich in Höhen zwischen 600 bis 1000 m folgende gleichzeitige Werthe:

Thermograph	16.2°	17.3°	16.5°	17.4°	15.5°	16.0°	15.5°
Schleuderthermometer	11.0°	10.0°	9.5°	9.6°	10.0°	10.1°	8.8°

Es bedarf keiner weiteren Worte, um den Unwerth der Aufzeichnungen eines Thermographen, welcher noch dazu gegen die Besonnung geschützt ist, zu erkennen; dazu fanden die Beobachtungen in der Mitte des November, also zu einer Zeit statt, in welcher die Strahlungsintensität der Sonne ihrem Minimum nahe ist.

Aber derselbe Forscher führte am 24. Oktober 1891 auf meine Veranlassung bei Gelegenheit einer Auffahrt mit dem Freiballon des „Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschiffahrt“ eine Reihe von Vergleichungen eines Schleuderthermometers mit einem Aspirationspsychrometer aus und fand dabei, dass das erstere Instrument Angaben lieferte, welche noch um 1 bis 3° über denen des letzteren lagen! Hierdurch wurde, wohl das erste Mal in strenger Form, der Beweis geliefert, dass das Schleuderthermometer ebenfalls von der Sonnenstrahlung erheblich beeinflusst wird und deshalb für den Gebrauch im Luftballon nicht geeignet ist. Die Abweichungen der Angaben des Thermographen von der wahren Lufttemperatur müssen aber ersichtlich noch um den genannten Betrag von 2—3° erhöht werden.

Aus diesen Thatsachen, denen an späterer Stelle noch zahlreiche weitere angereiht werden sollen, geht mit voller Sicherheit hervor, dass Temperaturbeobachtungen im Luftballon nur unter Zuhülfenahme ganz besonderer Einrichtungen in correcter Weise angestellt werden können.

Aber wir dürfen auch nicht verschweigen, dass die Beobachtungen Glaisher's mit denselben, ja sogar mit noch grösseren Fehlern behaftet sind.

Glaisher hatte seine Thermometer, wie wir aus der Abbildung auf S. 10 ersehen, auf einem Tische aufgestellt. Zwar hatte er deren Gefässe durch conische Schirme von polirtem Metall gegen die Sonnenstrahlung zu schützen gesucht, aber die reflectirten Wärmestrahlen, welche von der unter dem Strahlungseinflusse der Sonne erwärmten Tischplatte ausgingen, konnten die Thermometergefässe frei treffen. Ausserdem aber musste sich von der

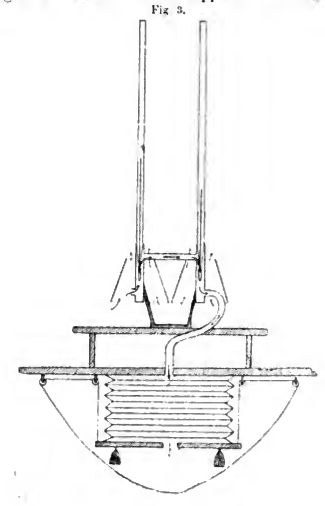


Tischplatte fortgesetzt ein Strom abnorm erwärmter Luft aufwärts bewegen und die Thermometer umspülen. Bei dem Fehlen aller Luftbewegung musste so die erwärmte Luft unter dem conischen, oben geschlossenen Schirme verharren, während gleichzeitig die von letzterem ausgehenden dunklen Wärmestrahlen das Thermometergefäss ungehindert trafen. Dazu kommt noch die Thatsache, dass die Instrumente gegen die von dem Körper Glaisher's ausgehende Wärme nur höchst unvollkommen geschützt waren, sodass man, so schmerzlich es auch sein mag, den Schluss nicht abweisen kann, dass gewichtige Bedenken gegen die Correctheit der in dieser Weise gewonnen Temperaturbeobachtungen Glaisher's erhoben werden müssen.

Schon Welsh hatte im Jahre 1853 diese Gefahr durchaus erkannt und auch sofort den, wie wir sehen werden, richtigsten Weg zur Vermeidung derselben eingeschlagen. Unter dem Namen „Aspirated Psychrometer" hat Welsh in seinem Berichte über vier von ihm ausgeführte Ballonfahrten (in den Philosophical Transactions XII, 1853) einen Apparat beschrieben, welcher die Vorbeiführung von Luft an den Thermometergefässen zum Zwecke hatte. Denselben Apparat hat später auch Glaisher benutzt, aber leider aus der guten Uebereinstimmung von dessen Angaben mit denen der übrigen Thermometer den verhängnissvollen Schluss gezogen, dass der Einfluss der Sonnenstrahlung auf die letzteren vernachlässigt werden könnte.

Aus der Figur 3, welche diesen Apparat wiedergiebt, ersieht man

Fig. 3.





leicht, welches die Gründe für diesen Fehlschluss gewesen sind. Der Aspirator musste bei der Aufstellung des Apparates dicht oberhalb der bestrahlten Tischplatte ausschliesslich solche Luft ansaugen und an die Thermometer führen, welche durch Berührung mit der hocherwärmten Tischplatte selbst eine höhere Temperatur angenommen hatte.

Dazu kommt noch der Einfluss der Körperwärme der im Korbe befindlichen Personen und die von deren strahlungserwärmter Kleidung ausgehende Wärme, ausserdem aber die Verwendung eines Aspirators, welcher nur $1^1/_2$ Minuten lang in Wirksamkeit war, während der Entleerung der eingesaugten Luft aber ausser Thätigkeit blieb. Während dieser Ventilationspause musste die Sonnenstrahlung die in enge Metallrohre eingeschlossenen Thermometergefässe erheblich über die Lufttemperatur erwärmen.

Es ist hier nicht der Ort, die Einzelheiten dieser Angelegenheit eingehend zu erörtern; ich verweise deshalb auf meine binnen kurzem erscheinende ausführliche Arbeit über das Aspirationspsychrometer, welche in den „Abhandlungen des Kgl. Preussischen Meteorologischen Instituts“ unter No. 5 niedergelegt ist.

Es kann aber keinen Zweifel unterliegen, dass Welsh und Glaisher unter allen Umständen die erheblichen Unterschiede, welche zwischen den Angaben eines Aspirationsthermometers und denen eines gegen Strahlung ungenügend geschützten Thermometers bestehen, sofort erkannt haben würden, wenn sie ihren Apparat einmal ohne Unterlage frei aufgehängt hätten. Das Aspirationsthermometer, welches von mir, ohne Kenntniss von den ganz ähnlichen Versuchen Welsh's, 33 Jahre später selbständig erfunden worden ist, würde dann ohne Zweifel schon längst als das stets gesuchte Normalinstrument erkannt und als Gemeingut der Meteorologen und Physiker überall dort gebraucht worden sein, wo es sich um die Ermittelung der wahren Lufttemperatur handelt.

So aber, da sich keine principiellen Unterschiede gegen die üblichen, bequemeren und einfacheren Methoden der Thermometrie ergaben, musste das Aspirationsthermometer als überflüssig erscheinen und konnte nun einer völlig unverdienten Vergessenheit anheimfallen. In der That existirte in England, soweit ich durch die Mithülfe der kundigsten Meteorologen habe in Erfahrung bringen können, kein einziges Aspirationsthermometer, als ich meine ersten analogen Apparate construirt hatte, ja, die Kunde von dem Welsh'schen, von Glaisher benutzten Apparate war gänzlich verloren gegangen!

Das von mir im Jahre 1886 erfundene, später in Gemeinschaft mit von Sigsfeld constructiv verbesserte Aspirationspsychrometer musste in erster Linie geeignet erscheinen, den Beobachtungen im Luftballon zu dienen, da es sich überall, auch in höheren Atmosphärenschichten, wie auf dem 2500 m hohen Säntisgipfel, als vollkommen frei von jedem Einflusse der Sonnenstrahlung erwiesen hatte, ausserdem aber durch die genannte Ventilation der Thermometer sowohl deren Empfindlichkeit ganz ausserordentlich er-

höht, als auch die Angaben des „feuchten“ Thermometers vor allen den zahlreichen Zufälligkeiten bewahrt wurden, welche aus einer wechselnden Stärke der Luftbewegung bekanntermassen hervorgehen.

Die Construction des Aspirationspsychrometers können wir hier wohl als bekannt voraussetzen, da dasselbe wiederholt beschrieben worden ist; so in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt“ 1890 Heft 1 und 2 und in der „Zeitschrift für Instrumentenkunde“ 1892 Heft 1. Die ausführliche Darlegung aller einschlägigen Verhältnisse ist, wie schon erwähnt, in den „Abhandlungen des Kgl. Meteorologischen Instituts“ unter No. 5 erfolgt.

In der „Zeitschrift für Luftschiffahrt“ 1890 Heft 2 ist auch diejenige Form näher erläutert worden, welche ich dem Apparate für seinen Gebrauch im Luftballon gegeben habe. Um bei dem schnellen und häufigen Wechsel der Luftfeuchtigkeit, wie sie beim Durchschneiden von Wolken, oder überhaupt bei dem Passiren verschieden wasserdampfreicher Luftschichten so häufig vorkommt, nicht gestört zu werden durch die unerlässlichen Befeuchtungen des Musselins am „feuchten“ Thermometer, habe ich dem Ballonapparat zwei feuchte Thermometer gegeben, welche abwechselnd befeuchtet werden. Auf diese Weise gelingt es, die sonst unvermeidlichen Unterbrechungen in den Beobachtungen auszuschliessen.

Nur für denjenigen Zustand der Atmosphäre, bei welchem die Temperatur dem Gefrierpunkte nahe liegt, reicht das Psychrometer überhaupt nicht aus, wenn, durch Höhenveränderungen oder andere Gründe veranlasst, die Temperatur des feuchten Thermometers wiederholt um den Gefrierpunkt schwankt. Nehmen wir an, das trockene Thermometer weise +4.0°, das feuchte +0.1° auf; nach der für das Aspirationspsychrometer gültigen Sprung'schen Formel würde dies einer Dampfspannung von 2.65 mm und einer relativen Feuchtigkeit von 42% entsprechen. Jetzt sinkt plötzlich die Lufttemperatur auf +2.0°; das feuchte Thermometer sinkt ebenfalls, bleibt aber, falls nicht Ueberkaltung des Befeuchtungswassers eintritt, so lange auf 0° stehen, bis alles Wasser zu Eis gefroren ist. Während dieser Zeit, welche gelegentlich mehrere Minuten lang dauern kann, werden die beiden Thermometer mit +2.0° und 0.0° abgelesen. Aus diesen Ständen ergiebt sich aber eine Dampfspannung von 3.57 mm und eine relative Feuchtigkeit von 68%: die Luftfeuchtigkeit scheint also rapide zugenommen zu haben. Nach einiger Zeit aber fällt das feuchte Thermometer langsam auf —1.7°, während das trockene auf +2.0 beharrte; die Berechnung ergiebt nun 2.19 mm und 42%. Die Luft ist also nicht nur nicht feuchter, sondern absolut trockener geworden.

Befinden sich beide Thermometer unter 0°, so werden die Ablesungen wieder sicher; nur die Befeuchtung des Musselins unterbricht dieselben; die Verwendung zweier feuchten Thermometer beseitigt aber den Einfluss dieser Störung.

Nehmen wir nun aber weiter an, der Ballon sei im Fallen begriffen, die Temperatur steige, nachdem sie längere Zeit unter dem Gefrierpunkte gelegen hat, wieder über denselben: bei Ständen von +2.0° und —1.7° finden wir wieder dieselben Feuchtigkeitswerthe, wie vorher. Nun aber steigt das trockene Thermometer schnell auf +6.0°, das feuchte aber verharrt auf 0°, bis alles Eis aufgethaut ist; eine Ablesung in dieser Zeit würde ergeben 1.57 mm Dampfspannung und 22% relative Feuchtigkeit: die Luft würde also plötzlich sehr trocken erscheinen. In Wirklichkeit aber nimmt das feuchte Thermometer nach einiger Zeit den Stand von +1.6° an und ergiebt so wiederum 2.92 mm und 42%.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass derartige Vorkommnisse den Werth ganzer mit Sorgfalt angestellter Beobachtungsreihen zu vernichten im Stande sind, zumal wenn sich dieselben häufig wiederholen. Wie viele der bisherigen sogenannten „wissenschaftlichen" Beobachtungen mögen an diesem Uebel leiden! Und wir können auch von diesem Gesichtspunkte aus Glaisher nicht Recht geben, wenn er sagt, „dass das Psychrometer sich als durchaus brauchbar bei allen seinen Ballonfahrten erwiesen habe!"

Es würde uns viel zu weit führen, an dieser Stelle eine strenge Kritik grade dieses Theiles der Glaisher'schen Beobachtungen zu geben: wie er mit seinem aus einem Wassergefässe mittels eines Dochtes gespeisten feuchten Thermometer, oder mit seinem einzigen, nur durch völliges Herausnehmen aus dem Hüllrohre zu befeuchtenden „aspirirten" Thermometer, dessen Ventilation oft viele Minuten lang unterbrochen werden musste, sowohl bei Temperaturen, welche um den Gefrierpunkt schwankten, als auch bei solchen, welche unter —20° herabgingen, im Stande gewesen ist, das Psychrometer zu benutzen, ist geradezu räthselhaft! Doch wollen wir dies einer hoffentlich recht bald erscheinenden zusammenfassenden Arbeit vorbehalten!

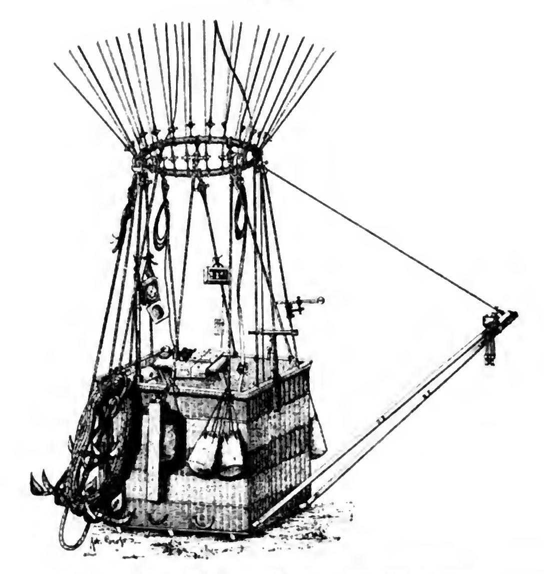
Die beregten Uebelstände lassen sich, wie ersichtlich, mit dem Psychrometer durchaus nicht vermeiden. Ich habe deshalb neuerdings dem Ballon-Aspirations-Psychrometer noch ein feines Haarhygrometer beigegeben, dessen Haar in dem centralen Mittelrohre dieses Instrumentes angebracht ist und dort, gegen jeden Strahlungseinfluss völlig geschützt, von dem Aspirationsstrome umspült wird. Der Stand des ausserhalb befindlichen Zeigers kann ohne weiteres mit denen der Thermometer abgelesen werden.

Aber die vielfachen Vorzüge des Aspirationspsychrometers bedingen auch einen erheblichen Nachtheil desselben. Die Empfindlichkeit desselben ist eine derartig grosse, dass jede unterhalb einer offenen Hüllröhre vorhandene Wärmequelle eine sofortige Fälschung der Angaben verursacht; ja, bis auf die Entfernung von 0.5 m hin ist der Einfluss von Gegenständen, welche durch Strahlung oder aus anderen Gründen über die Lufttemperatur erwärmt sind, mit Deutlichkeit zu bemerken.

Diese Eigenthümlichkeit des Apparates erheischt gebieterisch seine völlige Loslösung von dem Korbe selbst bis zu solcher Entfernung, in welcher ein thermischer Einfluss des letzteren nicht mehr stattfindet.

Bei meiner ersten Fahrt am 30. Januar 1891 glaubte ich diesen Anforderungen genügen zu können, wenn ich den Apparat an einer über meinem Kopfe wagerecht verschiebbaren Stange in etwa 0.8 bis 1.0 m Entfernung vom Korbrande aufhängte. Bei dem für die Ablesung nothwendigen Heranziehen des Apparates bis auf 0.3 m bemerkte ich indess wiederholt ein plötzliches Steigen der Thermometer um 0.2° bis 0.4°, welches nur davon herrühren konnte, dass hierbei solche Luft an die Thermometer aspirirt wurde, welche durch Berührung mit der unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung erheblich erwärmten Korbwandung selbst eine Temperaturerhöhung erfahren hatte.

Fig. 4.



Korb des Ballons „M.W." mit voller Ausrüstung nach Assmann.



Aus diesem Grunde entschloss ich mich zur Einführung einer principiellen Fernrohr-Ablesung, bei welcher ich den Apparat in einer Entfernung von 1.5 bis 1.6 m vom Korbe aufhing.

Die vorstehende Figur versinnbildlicht diese Einrichtung, zeigt zugleich als ein Gegenstück zu der Abbildung von Glaisher's Korb in Figur 2 die Einrichtungen eines Ballonkorbes, wie sie nach meinen Erfahrungen und mit meinen Apparaten zur Gewinnung einwurfsfreier Beobachtungen unerlässlich sind. Das Aspirationspsychrometer ist zwischen den Schenkeln eines Gestänges von 2.6 m Länge, in zwei wagerechten Axen liegend angebracht. Die unteren Theile der aus Eschenholz hergestellten Stangen, welche in der Mitte zusammengeklappt und so auf die Hälfte verkürzt werden können, sind in die Metallköpfe einer anderen Stange eingelenkt, welche dicht über dem Boden des Korbes an dessen äusserer Seite mittels zweier das Geflecht durchsetzenden Flügelschrauben befestigt ist. Auf diese Weise kann man das Gestänge mit dem Apparate heranziehen; ersteres lässt sich nur bei senkrechter Stellung aus den Gelenken der unteren Querstange herausziehen, sodass die Gefahr eines Herausgleitens nicht vorliegt. Das Aspirationspsychrometer musste bisher sowohl zum Zwecke der Befeuchtung, als auch zum Aufziehen des Laufwerkes herangeholt werden, was alle 10 Minuten zu erfolgen hatte.

Neuerdings aber hat mir Herr Fuess mit gewohnter Findigkeit eine Vorrichtung construirt, mittels welcher ich das Laufwerk vom Korbe aus aufziehen kann, ohne den Apparat heranzuholen. So wird dessen Annäherung an die Korbwand, deren verderblichen Einfluss ich oben erwähnt habe, nur zum Zwecke der Befeuchtung, also etwa alle 25—30 Minuten erforderlich.

Auf dem Rande des Ballonkorbes ist mittels einer starken eisernen Klaue das Ablesefernrohr befestigt, und zwar, um die Erschütterungen, welche von der immerhin biegsamen Korbwandung ausgehen, weniger bemerkbar zu machen, in der Weise, dass ein bis an den Boden des Korbes reichendes, mit einer Schnur an dessen Wandung befestigtes Brettchen unter die Klaue mit untergeklemmt wird. Ein hölzerner Träger gestattet die Verschiebung des Fernrohres in verticaler Richtung. Das Fernrohr selbst ist ein einfaches Nivellir-Fernrohr mit langem Auszug, welches Ablesungen von 0.5 m Entfernung an gestattet; dasselbe ist im verticalen Sinne um etwa 160° drehbar und besitzt sowohl für diese, als auch für die horizontale Bewegung eine grobe Hand-, und eine feinere Schrauben-Einstellung. Letztere ist jedoch ebenfalls verhältnissmässig grob hergestellt, um mit einer kurzen Drehungsstrecke des Schraubenkopfes ein grosses Gesichtsfeld bestreichen zu können. In einer besonderen kapselartigen Vorrichtung des Fernrohrträgers wird die Uhr des Beobachters untergebracht.

Das Fernrohr ist derartig gewählt, dass man ohne besondere Einstellung die beiden in Frage kommenden Thermometer ablesen kann, obwohl

diese nicht in einer Ebene liegen. Desgleichen erblickt man die Scala des Haarhygrometers, bei welcher man leicht erlernt, den Parallaxenfehler der Ablesung zu berücksichtigen. Um über die erfolgte Ausführung der, wie oben auseinandergesetzt, unentbehrlichen abwechselnden Befeuchtung der beiden „feuchten" Thermometer nicht in Zweifel zu gerathen, hatte ich zuerst einen kleinen durchbrochenen Schieber an beiden Instrumenten angebracht, dessen eine Seite offen war, während die andere ein B zeigte. Dieses B = befeuchtet, wurde jedesmal nach vorn gedreht, wenn die Befeuchtung des entsprechenden Instrumentes erfolgt war. Da indess diese Schieber leicht verloren gingen, habe ich an den beiden seitlichen Schutzstangen der „feuchten" Thermometer je eine verschiebbare Klappe von 8 cm Länge anbringen lassen, welche nach erfolgter Befeuchtung vor die Scala gelegt wird und so deren Ablesung verhindert.

Diese Klappen habe ich noch zur Verringerung eines anderen Uebelstandes zu benutzen versucht. Jeder Luftschiffer weiss, dass schon in mässigen Höhen ein erheblicher Unterschied in der Beleuchtungsintensität aller Gegenstände bemerkbar wird. Die von der Sonne beschienenen Flächen erscheinen viel heller, die im Schatten befindlichen aber ausserordentlich viel dunkler, als dies in der Nähe des Erdbodens der Fall ist. Diese Erscheinung, welche sowohl in der Verringerung der diffusen Lichtstrahlung, als auch in gewissen Blendungserscheinungen des Auges ihren Grund hat, führt nicht selten dazu, dass man kaum im Stande ist, ein im Schatten des centralen Rohres des Aspirations-Psychrometers befindliches Thermometer abzulesen.

Um diese höchst unwillkommene Erschwerung der Beobachtungen zu verringern, habe ich neuerdings die seitlichen Klappen vernickeln und zu Hochglanz poliren lassen, sodass man im Stande ist, mittels derselben reflectirtes Licht auf die im Schatten befindliche Scala zu werfen.

Die Empfindlichkeit des Aspirationspsychrometers ist, wie zahlreiche Experimente gelehrt haben, eine sehr grosse; dieselbe übertrifft die des gewöhnlichen Thermometers mit kugelförmigem Gefässe um das 6 bis 8fache. Vergleichungen mit dem Gridiron-Thermometer Glaisher's, welches auch „Augenblicksthermometer" wegen seiner schnellen Einstellung genannt wird, haben gezeigt, dass unser Instrument die gleiche Empfindlichkeit besitzt, wie dieses.

Ausser dem Aspirations-Psychrometer und seinen Anhängseln sehen wir noch in unserer Figur ein Schwarzkugelthermometer im Vacuum. Es ist nicht genügend bekannt, wie ausserordenlich gross die Differenzen derartiger Instrumente unter einander sind; ich habe bei Vergleichungen eines älteren Aktinometers mit einem neueren Abweichungen bis zu 12° gefunden. Es ist daher dringend darauf aufmerksam zu machen, dass man nur sorgfältig verglichene Instrumente dieser Art zu den gleichzeitigen Ablesungen im Ballon und auf der Erdoberfläche verwende.

Den Apparat befestige ich mit einer Klemme, welche Bewegungen in zwei Axen gestattet, direkt an einer der Korbleinen; ein tuchgefütterter Klemmring hält das Thermometer sicher fest. Da das Aktinometer nur dann seinem Zwecke entspricht, wenn es ununterbrochen von der Sonne bestrahlt wird, so ist es bei Drehungen des Ballons unerlässlich, dasselbe abzunehmen und an einer anderen Korbleine zu befestigen, was sich mit unserer Einrichtung leicht und schnell bewerkstelligen lässt.

Wir kommen nun zu der Besprechung der Barometer.

Wie wir schon oben gesagt, kann man der Mitnahme eines Quecksilberbarometers allenfalls entrathen, wenn man ein bei verschiedenen Drucken sorgfältig verglichenes gutes Aneroidbarometer besitzt und man nicht Höhen von mehr als 2000 m zu erreichen beabsichtigt. Das bei den bisherigen Fahrten unseres Ballons „M.W.“ benutzte, Herrn Killisch von Horn gehörige Instrument aus der Werkstatt von Bohne ist zwar nicht frei geblieben von den Folgen der elastischen Nachwirkung, aber die Abweichungen bewegten sich in so engen Grenzen, dass dieselben für die Höhenbestimmungen nicht sehr erheblich in das Gewicht fielen. Misslich erscheinen immerhin diejenigen Störungen, welche aus der Sonnenbestrahlung des Aneroides hervorgehen, da die beigegebene Correctionstafel denselben nicht ausreichend gerecht wird.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Mitnahme eines Quecksilberbarometers unter allen Umständen eine heikle Sache ist, theils wegen der Gefahr, dasselbe bei der Landung zu zerbrechen, theils wegen der Schwierigkeiten der Ablesungen dieses Instrumentes.

Das Quecksilberbarometer folgt schnellen Höhenänderungen des Ballons langsamer, als ein gutes Aneroid, da die Reibungswiderstände des durch den engeren Theil des Rohres aus- oder eintretenden Quecksilbers eine Verzögerung herbeiführen. Jede Erschütterung des Ballonkorbes erschwert ferner eine genaue Einstellung des Nonius, da die Quecksilberkuppe in zitternde Bewegung versetzt wird. Oder, was noch schlimmer ist, das Quecksilber fängt an zu „pumpen“, wenn schnelle Höhenänderungen auf und abwärts eintreten. Die Aufhängung des Quecksilberbarometers erfolgt am besten an einer der Korbleinen in einer solchen Höhe, dass dem Beobachter der in der Nähe von etwa 600 mm liegende Theil der Scala in Augenhöhe liegt. Verwendet man, wie entschieden empfehlenswerth, ein compensirtes Gefässbarometer, dessen Scala ausreichend weit herab geht, so wird dasselbe stets im Loth und bequem ablesbar hängen, da die Leinen vom Korbe nach dem Ballonringe immer convergiren. Bei Glaisher's Aufstellung (s. Fig. 1) müsste man geradezu unter dem Tische ablesen, wenn der Barometerstand unter 400 mm fällt, oder man müsste das Instrument in die Höhe heben — beides dürfte sich aber wenig empfehlen!

Man ersieht aus der Aufzählung dieser Schwierigkeiten, dass es nur dann angängig ist, das Quecksilberbarometer abzulesen, wenn der Ballon seine

Höhe nicht ändert; in jedem anderen Falle werden die Beobachtungen erheblich unsicherer werden, als die mittels des Aneroides gewonnenen, welches von diesen Fehlern frei ist.

Aber ein anderer Umstand ist ohne Zweifel bisher so gut wie vollständig, wie es scheint auch von Glaisher, vernachlässigt worden. Es ist das der wechselnde Einfluss von Sonnenbestrahlung und Beschattung des Barometers, wie er im Korbe theils wegen der Anwesenheit mehrerer schattengebender Personen, theils wegen der Axendrehungen des Ballons unvermeidlich ist.

Zwar wird hierbei, wenn dieser Wechsel nur kurze Zeit anhält, weniger das Quecksilber des Barometers, als das „attachirte Thermometer" beeinflusst werden, aber letzteres soll doch zur Reduction des Barometerstandes auf 0° dienen, kann daher gelegentlich erhebliche Irrthümer veranlassen. So las ich z. B. am 13. März 1891 bei meiner zweiten Ballonfahrt um 12 h 50 p am attachirten Thermometer des Barometers 9.5°, um 12 h 53 aber 16.5° ab, während die Lufttemperatur —4.1° betrug. Die Sonnenstrahlung hatte also das Thermometer um 20.6° über die Lufttemperatur erhöht, während einer vorübergehenden Beschattung sank dagegen die Differenz um 7.0°. Welcher Werth entsprach nun der wahren Temperatur des Quecksilbers im Barometer? Sicherlich betrug dieselbe weder 16.5° noch —4.1°, denn das bestrahlte Metallrohr des Barometers hatte sicherlich dem Quecksilber schon von seiner Wärme abgegeben.

Zwar könnte man vom praktischen Gesichtspunkte aus einwenden, dass der Einfluss einer irrthümlichen Reductionsziffer ein nicht sehr bedeutender sei; in unserm Falle würde man mit 16.5° einen Barometerstand von 616.3 mm, mit 9.0° einen solchen von 617.0 mm, also nur einen Unterschied von 0.7 mm erhalten haben; aber man muss unter allen Umständen darauf dringen, dass allen angestellten Beobachtungen die erreichbare Zuverlässigkeit gegeben werde. Und in grösseren Höhen, in welchen das Schwarzkugel-Vacuumthermometer um 70—80° über die Lufttemperatur steigt — Cayley sah, wie Hann anführt, am 11. August 1867 zu Leh, in 3517 m Höhe, das Vacuumthermometer auf 101.7° C steigen, d. h. fast um 14° über den Siedepunkt des Wassers, der in dieser Höhe nur noch 88° C beträgt, während die Lufttemperatur 23.9° war —, werden die Irrthümer, welche hieraus hervorgehen, erheblich grösser werden!

Ich will hier nur erwähnen, dass die Beobachtungen Glaisher's am Vacuumthermometer wunderbar mit dem contrastiren, was anderswo beobachtet worden ist: er vermochte eine Zunahme der Strahlungsintensität mit der Höhe überhaupt nicht zu erkennen! Auch dieses ist ein Punkt, welcher sorgfältiger Kritik zu unterwerfen ist.

Um nun den Einfluss schneller Temperaturwechsel auf das Barometer möglichst einzuschränken, habe ich die Einrichtung treffen lassen, dass das Barometer — wir benutzen ausschliesslich ein Fuess'sches Gefässbarometer mit compensirter Scala, da bei demselben nur an einer Stelle abgelesen

werden muss, — in seinem Verpackungskasten verbleibt. So weit der Scalatheil reicht, ist der Kasten aufgeschnitten, sodass durch den so entstehenden Spalt das für die Ablesung nöthige durchfallende Licht eindringen kann; nach der Ablesung wird der Deckel des Kastens wieder herangeklappt, um den Sonnenstrahlen den Zutritt zu verwehren. So werden die Einflüsse derselben, wenn auch nicht gänzlich beseitigt, so doch soweit unwirksam gemacht, dass die hieraus hervorgehenden Fehler mit gutem Gewissen vernachlässigt werden können. Zugleich bietet die Einrichtung den Vortheil, dass man die zeitraubende Verpackung des Barometers vor der Landung spart: wenn an Stelle der den Lufteintritt vermitteluden kleinen nur mittels eines Schraubenziehers zu bewegenden Schrauben eine solche mit grossen Flügelbacken tritt, genügt ein Griff, um das Quecksilber abzusperren, ein zweiter, um den Kasten zu schliessen; danach wird das Barometer, wie bei unseren Fahrten üblich, umgedreht und mittelst der vorher schon angebrachten Leine hoch, bis zu den sogenannten „grossen Gänsefüssen" des Netzes aufgewunden, wo es bei schwierigen Landungen am sichersten aufgehoben ist, zumal wenn man die Vorsicht gebraucht, die entsprechenden Kloben an der dem Anker zugewandten Seite des Netzes zu befestigen!

Wir kommen nun zu einer äusserst wichtigen, von Glaisher, wie es scheint, stets vernachlässigten Vorschrift, welche dahin geht, dass die Hauptbeobachtungen stets völlig gleichzeitig ausgeführt werden.

Sowohl die Temperatur, als auch die Feuchtigkeit der Luft sind ohne Zweifel bis zu einem gewissem Betrage Functionen der Höhe, in welcher sie beobachtet werden. Was könnte es uns nutzen, wenn wir bei den entsprechenden Beobachtungen nicht die gleichzeitige Höhe des Ballons kennen würden? Ein Ballon aber, zumal wenn er sich annähernd im Gleichgewicht mit den umliegenden Luftmassen befindet, führt häufig Höhenschwankungen von mehreren hundert Metern aus, über deren Gründe wir später sprechen werden. Es ist deshalb unerlässlich, die Ablesungen des Psychrometers und Aneroidbarometers, auch dessen attachirten Thermometers streng gleichzeitig auszuführen.

Bei unseren bisherigen Ballonfahrten war das Verfahren das folgende. Der Beobachter suchte möglichst zu vollen Minuten, jedenfalls aber zur vollen fünften Minute, Ablesungen zu gewinnen. Nach der am Fernrohrpfosten hängenden Uhr, welche mit der des zurückbleibenden Beobachters sorgfältig verglichen worden ist, gab er 10 Secunden vor jedem Termin, dessen Zeitwerth laut angesagt wurde, ein Zeichen, welches unsern treuen, bewährten Ballonführer, Herrn Premierlieutenant der Kgl. Luftschifferabtheilung Gross, veranlasste, seinem Aneroidbarometer Aufmerksamkeit zuzuwenden. Nach 5 Secunden, während welcher der Beobachter, durch das Fernrohr blickend, sich die ganzen Theilstriche der Instrumente vergegenwärtigte und der Ballonführer auf Aenderungen seines Aneroides achtete, wurde das zweite Zeichen gegeben, nach welchem man die Zehntel-

grade ablas; mit der vollen Minute genügte beim Commando „Drei“ noch ein Blick, um inzwischen eingetretene Aenderungen der Thermometer und des Barometers zu erkennen; worauf ein Jeder, ohne ein Wort zu sprechen, mit genauer Zeitangabe seine Beobachtungen aufzeichnete.

Das schnellen Aenderungen weniger ausgesetzte Vacuumthermometer bedarf nicht simultaner Ablesungen; dieselben wurden unmittelbar hinter denen des Psychrometers angestellt.

Die wichtigen, für die richtige Auswerthung der Höhen des Ballons unerlässlichen Vergleichungen des Quecksilberbarometers mit dem Aneroidbarometer wurden, wie schon gesagt, nur dann ausgeführt, wenn der Ballon seine Höhe nicht, oder doch nur äusserst langsam änderte. Auch genügen hierfür wenige Beobachtungen, aber dieselben müssen im strengsten Sinne simultan angestellt werden. So müssen wir die Gleichzeitigkeit der genannten Ablesungen als eine conditio sine qua non bezeichnen und demnach Glaishers Beobachtungen trotz aller sonstigen Vorzüglichkeit mit einem gewissen Argwohn betrachten.

Bei den jeder längeren Ballonfahrt eigenthümlichen Höhenschwankungen sollte, streng genommen, jede Psychrometerbeobachtung ausser Betracht bleiben, welcher nicht eine gleichzeitige Barometerbeobachtung entspricht, da die Ablesung dieser Instrumente nicht ununterbrochen erfolgen kann; wenigstens darf man unter keinen Umständen solche gewissermassen „rechtlosen“ Beobachtungen durch Interpolationen verwendbar machen wollen. Da ist es nun eine höchst willkommene, die Resultate einer Fahrt ganz wesentlich sichernde Hülfe, wenn man einen gut construirten Barographen besitzt, welcher jede Höhenänderung des Ballons fortgesetzt aufzeichnet. Durch einen solchen werden manche Sprünge in den Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen erst verständlich, da man die zugehörigen Höhen leicht ermitteln kann. Natürlich macht ein solcher Apparat die directen Ablesungen des Aneroidbarometers ebensowenig überflüssig, wie dessen Vergleichungen mit einem Quecksilberbarometer; der Barograph ist nicht im strengen Sinne des Wortes ein selbstständiges Instrument, sondern er unterliegt denselben Fehlern, wie das Aneroidbarometer. Wir benutzen zur Zeit einen von Richard Frères in Paris verfertigten, mit Aluminiumkasten versehenen Barographen, welcher bis zu Höhe von 5000 m ausreicht; derselbe ist ein Geschenk des obengenannten Herrn Rotch, Directors des Blue Hill Observatory bei Boston in Nordamerika,

Ich kann diesen Theil, welcher der instrumentellen Ausrüstung gewidmet ist, nicht schliessen, ohne eines zweiten Registrirapparates zu gedenken, welcher soeben in der Ausführung begriffen ist. Es ist dies ein „Aspirations-Thermograph“. Einen Richard'schen Thermographen habe ich derartig umformen lassen, dass an Stelle des gewöhnlichen Bourdon'schen Rohres ein solches von ringförmiger Gestalt gesetzt wurde. Dieses wird von einem senkrecht stehenden doppelten Hüllrohre, ähnlich dem meines

Aspirations-Psychrometers, umgeben, welches mit seiner unteren Öffnung den Apparatkörper selbst um 5 cm überragt. Am oberen Ende desselben sitzt die Aspiratorscheibe, welcher durch ein Laufwerk eine mittlere Umdrehungsgeschwindigkeit von 25 Touren in der Secunde ertheilt wird. Das Laufwerk wird nicht von einer Feder angetrieben, sondern durch das eigene Gewicht des Apparates; an Stelle der Federtrommel befindet sich ein kräftiges Kettenrad, um welches sich eine starke Uhrkette schlingt. Dieselbe ist mit einem Ende an einem eisernen Zapfen befestigt, welcher mittels einer Schlittenvorrichtung in die eiserne Fernrohrklaue leicht eingesetzt werden kann; die Kette läuft von hier nach unten, über das Kettenrad des Apparates, wieder nach oben über ein zweites, in dem Zapfen befindliches Kettenrad und endigt mit einem kleinen Gegengewicht. Der Apparat hängt so unterhalb des Ballonkorbes und sinkt innerhalb einer Stunde um etwa 3 m nach unten. Mittels einer kleinen Kurbel, welche am oberen Kettenrade angebracht ist, wird derselbe wieder bis zu seiner ursprünglichen Höhe aufgewunden, sobald das Gegengewicht in der Nähe des Korbrandes angekommen ist.

Mit diesem Thermographen, welcher von den Sonnenstrahlen völlig unabhängig, durch seine Aufhängung unterhalb des Korbes aber von jeder künstlichen Beeinflussung frei ist, werden Aufzeichnungen der wahren Lufttemperatur gewonnen, welche denen des Aspirations-Thermometers gleichwerthig sind. So wird man ein continuirliches Bild derselben erhalten, welches, durch direkte Beobachtungen fortgesetzt controllirt, in Verbindung mit den Aufzeichnungen des Barographen zur Sicherung und Vervollständigung der Resultate ganz wesentlich beitragen wird.

Des weiteren verfolge ich den Plan, demnächst bei einer Freifahrt einen unserer später zu beschreibenden „Aspirations-Meteorographen,“ welche jetzt den Fesselballon-Untersuchungen dienen, an einer starken Leine gegen 500 m tief unter dem Korbe aufzuhängen, und so mittels desselben eine der Ballonbahn parallele Beobachtungslinie über Temperatur und Feuchtigkeit der Luft zu gewinnen. —

Dem Ballonführer liegt es stets ob, auf Grund seiner Ortskenntniss und der vorhandenen guten Karten, welche am besten im Massstabe von 1: 100000 zu wählen sind, so oft als irgend möglich unter genauer Notirung der Zeit diejenigen markanten Punkte einzutragen, über welchen der Ballon senkrecht schwebt. Die Richtung und Geschwindigkeit des Fluges wird auf diese Weise fixirt. Bei geschlossener Wolkendecke ist dies natürlich nicht ausführbar.

Man ersieht aus dem Angeführten, wie verbesserungs- und vervollkommnungsfähig die zur Zeit übliche Methode der Ballonbeobachtung noch ist und findet darin auch die Hauptwege angegeben, welche wir zu diesem Zwecke einzuschlagen haben.

Eine sehr wichtige Frage ist die nach der besten Verpackung der Apparate vor der Landung. Die beste Verpacknng ist ohne Zweifel diejenige, welche gestattet, in kürzester Zeit die Instrumente so weit zu sichern, dass sie selbst bei schwierigen Landungen unverletzt bleiben. Die Schnelligkeit der Verpackung ist deswegen ausserordentlich wichtig, weil sie gestattet, beim Abstiege noch in verhältnissmässig niedrigen Schichten zu beobachten.

Wir erwähnten schon bei der Besprechung des Barometers, dass der beste Ort für die Unterbringung der Apparate an den „grossen Gänsefüssen" des Netzes, welche sich unter dem „Ballon-Aequator" befinden, sei, zumal wenn man die dem Ankertau entsprechende Seite hierzu wähle. Selbst bei einer Schleiffahrt wird dieser Theil des Ballons kaum mit der Erde in Berührung kommen, höchstens erst dann, wenn der Ballon zum grössten Theile entleert ist. Bei überschnellem Abstiege des Ballons wird der vorher aufsetzende Korb immer die Gewalt des Stosses soweit mildern, dass die höherhängenden Instrumente den Erdboden nicht, oder nur ganz sanft berühren.

Bei unsern ersten Fahrten haben wir auch, wenn nicht aussergewöhnliche Zufälle entgegenwirkten, mit diesem Verfahren gute Erfolge erzielt, wobei allerdings zu bemerken ist, dass bei denselben keine schweren Landungen vorgekommen sind.

Die Schnelligkeit der Verpackung liess jedoch noch vieles zu wünschen übrig, weshalb ich jetzt Vorsorge getroffen habe, um in ähnlicher Weise wie Glaisher zu verfahren. Ein leichter, aber starker Koffer von 90 cm Höhe, 20 cm Breite und 50 cm Tiefe ist an seiner geschlossenen Stirnseite mit einer federnden Platte versehen, während die gegenüberliegende durch eine leicht zu verschliessende Klappe gebildet wird und einen starken Henkelriemen trägt. Die letztere ist mit der nach den „Gänsefüssen" führenden starken Leine ohne Ende fest verbunden; während der Fahrt hängt dieser Koffer ausserhalb des Korbes. Vor der Landung wird das Barometer in seinem Kasten, welcher ausserdem noch einen federnden Schuh besitzt, in eine durch einen Riemen abgetrennte Ecke des Koffers gestellt. Daneben das Futteral des Aspirationspsychrometers, in unserer Figur 4, Seite 70, am Korbe hängend gezeichnet; nun werden Fernrohr, das Vacuumthermometer in seinem Futteral, der Barograph und der Thermograph unter Zwischenlagerung von Holzwolle ohne weiteres in den Koffer gesteckt, dessen in eine Feder eingreifender Deckel zugeklappt und ersterer schnell aufgeholt. Die Gestänge-Verrichtung kann, wenn noch Zeit dazu ist, abgenommen und aussen am Korbe angebunden werden, wenn nicht, wird sie nur zusammengeklappt und herangeholt.

Nach der Landung und Ausführung der niemals zu vergessenden Schlussbeobachtungen werden die Instrumente für die Rückreise hergerichtet; dem Barometer wird die Transportschraube eingefügt, die übrigen Apparate

werden sorgfältig in Holzwolle eingewickelt und fest im Koffer verpackt, dessen Klappdeckel durch ein Schloss gesichert wird. So kann man dieselben in bequemer und sicherer Weise zurücktransportiren.

Ueber die Höhe und Zeitdauer der Ballonfahrt lassen sich allgemeine Vorschriften nicht geben. Glaisher's Hochfahrten sind durchgehends von sehr kurzer Dauer gewesen, was vornehmlich aus der verhältnissmässig grossen Meeresnähe in England erklärlich ist. Der „ideale" Vorgang bei einer wissenschaftlichen Ballonfahrt würde sicherlich der sein, in langsamem Aufstiege sich möglichst hoch zu erheben, ohne seitwärts abgetrieben zu werden und nach möglichst langem Aufenthalte in langsamem Abstiege wieder an der Stelle des Aufstieges zu landen. Es ist einleuchtend, dass dieser Vorgang nur höchst selten Platz greifen wird. Wissenschaftlich sehr vortheilhaft, aber ebenfalls schwer ausführbar, sind wiederholte Höhenwechsel in grossem Ausmasse; überall aber suche man alle Höhenänderungen im möglichst langsamen Tempo auszuführen, um allen Instrumenten Zeit zu lassen, den wirklichen Aenderungen der meteorologischen Elemente sicher zu folgen. —

Es liegt uns nunmehr, um die Erfordernisse wissenschaftlicher Ballonfahrten erschöpfend zu erörtern, noch ob, die nothwendigen Ergänzungen zu den Beobachtungen im Ballon zu besprechen.

Würde der Ballon, ähnlich wie der Fesselballon, seinen Ort gar nicht oder doch noch in engen Grenzen wechseln, so würden sich die ergänzenden Beobachtungen auf die fortgesetzte Ablesung entsprechender Instrumente am Erdboden in der Nähe des Aufstiegortes, wenn möglich unter Zuhilfenahme von Registrirapparaten, beschränken können.

Bei der aber in den meisten Fällen eintretenden, häufig sehr erheblichen Horizontalbewegung der Freiballons müsste jede strengere Beziehung der Ballonbeobachtungen auf die entsprechenden Werthe der Erdoberfläche unausführbar werden, oder doch erheblich an Sicherheit einbüssen. Denn einer der wesentlichsten Zwecke der Luftfahrten wird stets die Ermittelung derjenigen Zustände sein, welche gleichzeitig in verschiedenen über einander senkrecht gelegenen Luftschichten herrschen. So erwächst die Aufgabe' möglichst unterhalb der ganzen vom Ballon zurückgelegten Bahn aus derjenigen Zeit Beobachtungen zu erhalten, während welcher sich derselbe im Zenit befindet. Diese Aufgabe lässt sich in aller Strenge nicht erfüllen; man muss deshalb versuchen, deren Lösung so nahe als möglich zu kommen.

Würde man die Richtung und Länge der Ballonbahn vorher mit Genauigkeit kennen, so genügte es, die Beobachter der entsprechenden meteorologischen Stationen telegraphisch mit Anweisungen zur Ausführung von Beobachtungen zu versehen, welche so lange vorzunehmen wären, als der Ballon sichtbar ist.

Aber diese beiden Voraussetzungen treffen nur in sehr unvollkommener Weise zu, sodass man gezwungen ist, sowohl einen weit grösseren Kreis

von Beobachtern herbeizuziehen, als auch diese um Ausführung möglichst vieler Ablesungen ihrer Instrumente während einer längeren Zeit zu ersuchen. Nach unseren bisherigen Erfahrungen gehört es sogar zu den seltensten Ausnahmen, dass ein Ballon von einem der vorher benachrichtigten und eifrig ausschauenden Beobachter wirklich gesehen wird.

Das von uns bislang geübte Verfahren ist folgendes.

Auf einer Karte im grösseren Massstabe sind sämmtliche Stationen II. und III. Ordnung des Kgl. Preussischen Meteorologischen Instituts und der diesem angeschlossenen Staaten eingetragen. Für sämmtliche Beobachter derselben sind Telegramme ausgeschrieben, und nach geographischen Gesichtspunkten geordnet. Der Text eines solchen Telegramms lautet beispielsweise folgendermassen:

Professor Müttrich Eberswalde. Heute Ballonfahrt; bitte 10 bis 2 beobachten.

Durch ein schon vorher an alle Beobachter erlassenes Circular sind dieselben ersucht worden, im Falle des Eintreffens eines derartigen Telegramms während der angegebenen Zeit, wenn thunlich alle 10 Minuten mindestens aber zu jeder vollen Stunde ihre sämmtlichen Instrumente vorschriftsmässig abzulesen und einen Bericht hierüber am nächsten Tage an das Kgl. Meteorologische Institut einzuschicken.

Während der Füllung des Ballons wird so früh als möglich ein sogenannter „Pilotballon“ aus Pergamentpapier, welcher 1 cbm Leuchtgas fasst, aufgelassen und dessen Flugbahn sorgfältig verfolgt. Es empfiehlt sich aber, nach einiger Zeit einen zweiten „Piloten“ aufzulassen, um zu sehen, ob inzwischen eine Aenderung der Windrichtung eingetreten ist.

Meist erreichen diese Ballons, welchen man, um ihr Zerplatzen zu verhüten, am unteren Ende ein Stückchen Glasrohr einbindet, schnell beträchtliche Höhen, unter günstigen Verhältnissen solche von 2—3000 m; bei klarer Luft lassen sich dieselben mittels eines guten Krimstechers bis in solche Höhen verfolgen.

Will man sich aber Kenntniss über die Richtung und Geschwindigkeit der niedrigeren Luftschichten verschaffen, so muss man den „Piloten“ etwas belasten. Am besten geschieht dies, indem man unter dem Glasrohr ein Beutelchen von leichtem Stoff anhängt, welches mit trockenem Sand gefüllt ist. Sobald man den Ballon auflassen will, sticht man mit einem Taschenmesser von unten her ein Loch in den Beutel, durch welches der Sand langsam ausfliessen kann. Der Ballon wird demnach viel langsamer und weniger hoch steigen, aber doch nicht allzuschnell seine Tragkraft einbüssen, da er mit dem Ausfliessen des Sandes an Gewicht verliert. Wünscht man die Windverhältnisse in verschiedenen Höhen gleichzeitig kennen zu lernen, so lässt man einen unbeschwerten und einen, wie angegeben, beschwerten Piloten auf, wobei man gut thut, einen derselben mit einem auffallenden Unterscheidungsmerkmal zu versehen. Ein roth und weiss

abwechselnd gefärbter Pilot bleibt bis in grosse Höhen von einem ungefärbten gut unterscheidbar.

Man vergesse niemals, an jeden Piloten eine mit einer Nummer und der Zeit des Auflassens, ausserdem mit Freimarke und Adresse, sowie der Bitte um Zurücksendung versehene Postkarte anzubinden, welche noch Fragen über die Richtung, aus welcher der Ballon kam, die Zeit, zu welcher, und den Ort, wo derselbe gefunden wurde, enthält. Zugleich bittet man um Angabe, ob der Ballon noch schwebend gesehen, oder am Erdboden liegend gefunden worden ist, sowie um unfrankirte Zurücksendung des Piloten, wenn er unverletzt geblieben ist. Man wird so über die Richtung und Geschwindigkeit der Luftströmungen interessante Auskunft erhalten. Die Ballons kommen meist in noch brauchbarem Zustande zurück.

Nach der Richtung, welche die Piloten einschlagen, werden nun auf der Karte die entsprechenden meteorologischen Stationen ausgesucht man wird gut thun, die beiderseits von der zu erwartenden Flugbahn des Ballons liegenden Stationen so weit mit zu berücksichtigen, dass ein Kreisausschnitt von etwa 45° entsteht. Da bekanntermassen in den höheren Schichten wegen Abnahme der Reibung die Windrichtung mehr nach rechts neigt, sich also den Isobaren nähert, wird man gut thun, nach dieser Seite hin etwas weiter auszugreifen. Aus der Geschwindigkeit, mit welcher sich die Piloten entfernen, muss man einen Schluss über die voraussichtliche Erstreckung der Ballonfahrt zu gewinnen suchen und demgemäss telegraphiren. Nun werden die entsprechenden Telegramme ausgesucht, nach der Entfernung geordnet und zum Telegraphenbüreau gebracht. Um zu erreichen, dass die nähergelegenen Stationen noch rechtzeitig die Nachricht erhalten, ersuche man um Abtelegraphiren in derselben Reihenfolge.

Leider sind unsere bisherigen Erfahrungen mit dem rechtzeitigen Eintreffen der Telegramme bei den Beobachtern durchaus nicht günstig. In den meisten Fällen passirte der Ballon, obwohl um mehr als eine Stunde nach der Aufgabe der Telegramme aufgestiegen, die näherliegenden Stationen eher, als das Telegramm eintraf. Da man aus naheliegenden Gründen gern so früh als möglich auffährt, muss man oft auf das Oeffnen des Postschalters warten, um die Depeschen zu expediren.

Bei der Wichtigkeit der correspondirenden Beobachtungen wird man sich in Zukunft dazu entschliessen müssen, falls eine Ballonfahrt beschlossen ist, am Abende des Vortages wenigstens an alle näherliegenden Stationen ringsum, etwa bis zu 60—70 km Entfernung, zu telegraphiren. Die Vorausbestimmung der zu erwartenden Fahrtrichtung dürfte mit Hülfe der Wetterkarte zwar möglich, aber doch immerhin zu unsicher sein, um danach Massnahmen treffen zu können. Da die Sistirung einer einmal beschlossenen Fahrt sicherlich überall zu den seltenen Ausnahmen gehört, ist die Wahrscheinlichkeit einer nothwendig werdenden Gegenordre sehr gering.

Ueberall, wo Aspirationspsychrometer vorhanden sind, suche man zu veranlassen, dass die Beobachtungen mit diesem Apparate ausgeführt werden, um möglichst gleichartige Werthe mit denen der Ballon-Beobachtungen zu erhalten. Auf dem Auffahrtsplatze des Ballons selbst beobachte man ein solches Instrument wenigstens 3—4 Stunden lang nach erfolgter Auffahrt, in Pausen von höchstens 5 Minuten; bleibt aber der Ballon in Sichtweite, dann solange, bis man sicher sein kann, dass die Landung erfolgt ist. Ausserdem sind fortgesetzt Beobachtungen über die Windrichtung und Stärke, die Bewölkung, Sonnenschein oder Niederschläge auszuführen. Von Wichtigkeit ist noch die regelmässig mit 5 Minuten Pause erfolgende Ablesung eines sorgfältig mit dem entsprechenden Balloninstrumente verglichenen Schwarzkugel-Vacuumthermometers. Die Uhren der beiden Beobachter im Ballon und am Ballonplatze sind selbstverständlich vorher sorgfältig verglichen worden; das strenge Innehalten der Fünfminuten-Termine an beiden Beobachtungsstellen ist, um simultane Ablesungen zu erhalten, dringend wünschenswerth. Die Absendung einiger weiterer „Piloten“ mit Postkarten in einstündigen Pausen ist oft geeignet, weitere interessante Aufschlüsse über die Luftströmungen zu geben. Näheres über derartige methodische Experimente werden wir in einem besonderen Abschnitt zu besprechen haben.

Ist solchergestalt eine Ballonfahrt unter Zuhülfenahme aller Nebenmassnahmen erfolgt, so handelt es sich nun um die zweckentsprechendste Art der Verarbeitung der im Ballon und an den Stationen gewonnenen Beobachtungen.

In erster Linie ist die Flugbahn des Ballons, auf die Erdoberfläche projicirt, und seine Geschwindigkeit in den verschiedenen Strecken, wie sie sich aus den Aufzeichnungen des Ballonführers ergiebt, festzustellen.

Demnach hat man die allgemeine Wetterlage über Europa an der Hand der Wetterkarten zu ermitteln und ferner mit Hülfe der Beobachtungen aller in Thätigkeit gesetzten Stationen sowohl Isobaren- als Isothermenkarten für $^1/_2$ bis 1 stündige Intervalle während der Zeit der ganzen Fahrtdauer zu entwerfen und in diese Karten alle in Frage kommenden Beobachtungen über Richtung und Stärke des Windes, Bewölkung, Niederschläge, Gewitter u. s. w. einzutragen. In jede dieser Karten zeichnet man die projicirte Ballonbahn ein und macht diejenige Gegend kenntlich, über welcher der Ballon zu der Zeit, für welche die synoptische Karte gilt, schwebte.

Auf diese Weise erhält man ein den Ballonbeobachtungen mit aller Schärfe correspondirendes Bild der Verhältnisse auf der Erdoberfläche.

Nach sorgfältiger Durchsicht der Ballonbeobachtungen und Ausmerzung oder wenigstens Kenntlichmachung alles Zweifelhaften schreitet man zur Auswerthung derselben. An der Hand der Ablesungen des Quecksilberbarometers corrigirt man zunächst die Ablesungen des Aneroides und des

Barographen; bei letzterem kann auch noch die Ermittelung und Anbringung einer Zeitcorrection in Frage kommen. Für die Gewinnung der Ballonhöhen genügt die Benutzung der Radau'schen Tafel vollständig.

Aus den Beobachtungen des Aspirations-Psychrometers ermittelt man die Werthe der Dampfspannung und relativen Feuchtigkeit nach der von Sprung angegebenen Formel $f = f' - \frac{1}{2}(t - t')\frac{b}{755}$. Für die Lufttemperatur und die Dampfspannung berechnet man die Aenderung derselben pro 100 m Höhenunterschied, ausserdem die sogenannten potentiellen Temperaturen.

Die Veröffentlichung der gesammten Beobachtungen an passender Stelle ist als durchaus erforderlich zu bezeichnen. Die vorliegende Sammlung von Abhandlungen hat den ganz besonderen Zweck, solche Reihen, wenn sie nach Methode und Ausführung durchaus zuverlässig sind, aufzunehmen. Im Interesse leichterer und vollständigerer Vergleichbarkeit derselben empfiehlt es sich, hierbei stets nach dem vorgezeichneten „Normalschema" zu verfahren.

Demselben liegt die Absicht zu Grunde, durch vollständige Wiedergabe aller angestellten Beobachtungen sowohl jede Nachprüfung der Resultate, als auch die weitere Ausnützung der Aufzeichnungen selbst zu ermöglichen, zugleich aber die für die Physik der Atmosphäre wichtigsten Werthe in gebräuchlicher Darstellung zu geben. Bei der principiell wichtigen Beziehung der Ballonbeobachtungen auf entsprechende Basisbeobachtungen

Normalschema für Beob

Beobachtungen an der Erdoberfläche.													Beob		
Zeit.	Basisstation und deren Höhe in m über NN	Barom. red. auf 0° mm	Psychrometer in Celsiusgr.		Dampfspannung	Relat. Feucht.	Schwarzkugelth.	Wind-Richtung und Stärke 0–12	Bewölkung		Sonnenschein 0–2	Hg.-Barometer No.... auf 0° red. u. corrig.	Aneroid-Bar. No.... auf 0° red. u. corrig.	Höhe in m über NN
			trocken No...	feucht No...	mm	%	No...		Grad 0–10 Form und Dichte 0–2	Zug aus		mm	mm	

wird man oft nicht umhin können, Ausgleichungen vorzunehmen, welche durch den Uebergang von einer Station zur anderen erforderlich werden.

Würde man mit sich ein Aspirationspsychrometer stets in gleicher Geschwindigkeit, wie der Ballon selbst, senkrecht unter demselben an der Erdoberfläche fortbewegen können, so würden die analogen Werthe stets unmittelbar vergleichbar sein.

Die Unausführbarkeit eines solchen Verfahrens bedingt aber die Herbeiziehung der Beobachtungen verschiedener, der Flugbahn-Projection möglichst naheliegender Stationen; zwischen den letzteren liegen indess meist Strecken von 40—60 oder mehr Kilometern, auf welchen überhaupt keine Beobachtungen stattfinden.

Finden sich nun, wie das nicht selten der Fall ist, zwischen den gleichzeitigen Beobachtungen benachbarter Stationen Differenzen, welche entweder auf Verschiedenheiten der Aufstellung, besonders der Thermometer, oder auch auf wirklichen localen Unterschieden beruhen, so muss man nothwendiger Weise eine Interpolation für die zwischenliegende Strecke vornehmen, da die Wahrscheinlichkeit gering ist, dass die an einer Station beobachteten Werthe bis hart an die andere Station hin Gültigkeit besitzen. Vielmehr muss man annehmen, dass ein allmähliger Uebergang der beiderseitigen Werthe in einander stattgefunden habe.

In den Tabellen muss aber diese Interpolation unter allen Umständen kenntlich gemacht werden.

achtungen bei Ballonfahrten.

achtungen im Luftballon.

Aspir. Psychrom. No..... C°			Temper.-Aenderung pro 100 m	Potentielle Temper	Dampfspannung		Relat. Feucht. in %	Schwarzkugelth.	Ballon-		Bewölkung über d. Ballon		Bewölkung unt. d. Ballon		Sonnenschein 0—2.	Bemerkungen.
feucht No...	trocken No...	feucht No...			In mm	Aenderung pro 100 m		No..	Richtung aus	Geschwindigkeit m. p. sec.	Grad 0—10 Form und Dichte 0—2	Höhe üb. d. Ballon: m.	Grad 0—10 Form und Dichte 0—2	Höhe unt. d. Ballon: m.		

Wenn die Gunst der Verhältnisse es erlaubt hat, wiederholt erhebliche Höhenänderungen mit dem Ballon vorzunehmen, darf man niemals versäumen, bei der Bearbeitung alle einer gemeinsamen Höhenzone angehörigen Beobachtungen, gruppenweise nach den Tagesstunden geordnet, zu Mittelwerthen zu vereinigen, um so die zeitlichen Aenderungen der meteorologischen Elemente in verschiedenen Höhenschichten beurtheilen zu können.

Verfügt man nun noch, wie zur Zeit der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt.“ über einen mit selbstregistrirenden Apparaten für Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft ausgerüsteten Fesselballon, welcher Höhen bis zu 800 m zu erreichen gestattet, so wird man zwischen den am Erdboden und im Freiballon stattfindenden Beobachtungen eine Zwischenschicht gewinnen, deren physikalische Verhältnisse in continuirlichem Bilde ermittelt werden. Wir werden in späteren Abschnitten Gelegenheit finden, den hohen Werth solcher Aufzeichnungen in verschiedenen Höhen zu erkennen.

Würde man aber diesem in gewissem Sinne stabilen Höhen-Observatorium am Fesselballon noch ein weiteres, höheres hinzufügen, welches den Freiballon auf seinem Wege überall begleitet, so müssten unsere Kenntnisse der gleichzeitigen Vorgänge eine erhebliche Bereicherung erfahren.

Thatsächlich hat der Verfasser Alles für die demnächstige Ausführung dieses Planes vorbereitet, falls es uns gelingt, die bisherigen Untersuchungen im grösseren Massstabe fortzusetzen: einer der vorhandenen, von demselben construirten Aspirations-Meteorographen, welche jetzt dem Fesselballon dienen, soll von einem Freiballon an einem etwa 500 m langen Seile mitgeführt werden und continuirlich aufzeichnen, wie sich Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf dem der Ballonbahn parallelen Wege verhalten haben.

Schliesslich haben wir noch des Planes zu gedenken, in mehreren Freiballons, welche entweder am selben Orte, oder in weiterer Entfernung von einander gleichzeitig aufsteigen, nach gleichen Methoden Beobachtungen anstellen zu lassen.

Die Ausführung dieses Planes würde sich unschwer bewerkstelligen lassen, wenn man sich mit gleichstrebenden Forschern telegraphisch über Auffahrten verständigen wollte. Leider verbieten die politischen Beziehungen zu unseren westlichen und östlichen Nachbarn die Inangriffnahme einer gemeinsamen Action; sonst müsste man von gleichzeitigen Ballonfahrten, welche unter Verwendung gleicher Beobachtungs-Methoden in Paris, St. Petersburg, Berlin und München stattfinden, ganz unschätzbare Aufschlüsse über die Vorgänge in der Atmosphäre über Europa erwarten!

Wir werden uns aber wohl darauf beschränken müssen, mit unseren gleichstrebenden Freunden in München, welche ebenfalls über einen schönen Ballon verfügen, gemeinschaftlich an der Erforschung der Atmosphäre über unserem Deutschland zu arbeiten! Auch dieses ist ein Ziel, welches grosse Ergebnisse verspricht!

Wissenschaftliche Ergebnisse der ersten Auffahrt des Ballons „M. W." am 30. Januar 1891.

Von **Richard Assmann.**

Der auf Kosten des um die Förderung wissenschaftlicher Ballonfahrten hochverdienten Herrn Kurt Killisch von Horn erbaute, 1200 cbm fassende Ballon „M. W." stieg am 30. Januar 1891 um $10^h 24^m$ a. m. von dem Terrain der Englischen Gasanstalt in Schöneberg bei Berlin zum ersten Male in die Lüfte, geführt von dem Lieutenant der Kgl. Luftschiffer-Abtheilung Herrn Gross, während der Eigenthümer Herr von Killisch und der Verfasser dieser Zeilen an der Fahrt theilnahmen.

Die instrumentelle Ausrüstung des Ballons war folgende. Das vom Verfasser für Ballonzwecke construirte „dreifache" Aspirations-Psychrometer, dessen nähere Beschreibung im 2. Hefte der „Zeitschrift für Luftschiffahrt" vom Jahre 1890 p. 35 gegeben worden ist, wurde an der Spitze einer 2,5 m langen kräftigen Holzstange befestigt. Diese Stange war durch zwei in Augenhöhe an den Korbleinen angebrachte „Schlaufen" in der Weise gesteckt worden, dass man dieselbe, und mit ihr den Apparat, ohne Schwierigkeit bis zu 1,3 m Entfernung über den Korbrand hinausschieben und ebenso wieder heranziehen konnte. Auf diese Weise sollte der auf Grund von sorgfältigen Versuchen als „störend" anzusehende thermische Einfluss des Ballonkorbes und seiner Insassen vermieden werden, da das Instrument nur zum Zwecke der Ablesung kurz bis auf Sehweite dem Korbe genähert, sonst aber in ausreichend erscheinender Entfernung von demselben belassen wurde. Das Aufziehen des Laufwerkes für den Aspirator und die Zuführung von Wasser zu den beiden „befeuchteten" Thermometern erfolgte in den Zwischenpausen in der Weise, dass Ablesungen erst nach einer als genügend anzusehenden Zwischenzeit vorgenommen wurden.

Ausser diesem wichtigsten Apparate wurde noch ein Schwarzkugel-Vacuumthermometer, ausserdem ein Fuess'sches compensirtes Gefässbarometer, ein Bohne'sches Aneroidbarometer und ein kleines Anemometer mitgeführt.

Wie aus der beiliegenden Tafel I ersichtlich ist, schlug der Ballon, von einem munteren Südwinde ziemlich schnell geführt, den kürzesten Weg nach der Ostsee ein, indem er über die Stadt Bernau und den eisbedeckten Werbellinsee, weiterhin über die Südspitze des oberen Ückersees hinweg sich schnell dem westlichen Ufer des Stettiner Haffs näherte, sodass schon um 1^h 27^m in der Nähe von Stolzenburg gelandet werden musste.

Weitere Einzelheiten über die Flugbahn des Ballons sind aus den graphischen Darstellungen der beiliegenden Tafel I zu entnehmen.

Die Flugbahn zeigt folgende Eigenthümlichkeiten. Unmittelbar nach dem Aufstiege schlug der Ballon die Richtung nach N10° E ein, welche in der Höhe von 400 m und über der nördlichen Weichbildgrenze von Berlin eine Ablenkung nach rechts um 30° erfuhr, bald darauf aber in 460 m Höhe nach N 30° E zurückging. Diese Richtung behielt der Ballon bis zum Punkt *g*, entsprechend der Höhe von 720 m, nahezu unverändert bei, führte dann aber während eines schnelleren Aufsteigens bis 830 m eine kurze Linksschwenkung um 35° aus, sodass sich sein Weg nach N 5° W richtete. Nachdem der Ballon jedoch wieder auf 800 m gefallen war, drehte er wieder nach N 30° E zurück und behielt trotz fortgesetzten Steigens diese Richtung bei bis Punkt *r*, wo in 1040 m Höhe ein langsames Abschwenken nach rechts um 3°, und weiter bei Punkt *v* und in 1230 m Höhe um 6° erfolgte, sodass die Fahrtrichtung in der grössten Höhe bis zu 1340 m N 39° E war. Mit dem Abstiege erfolgte wieder ein langsames Zurückdrehen nach der Anfangsfahrtrichtung, welche kurz vor der Landung N 10° E wurde.

Betrachten wir nun zuvörderst, um eine Grundlage für die ursächliche Verknüpfung der beobachteten Thatsachen zu gewinnen, die Vertheilung der wichtigsten meteorologischen Elemente auf der Erdoberfläche.

Kärtchen 1 der beiliegenden Tafel II stellt die Verhältnisse des Luftdruckes und der Temperatur für den Morgentermin 8 a. m. nach dem Wetterberichte der Deutschen Seewarte dar und giebt ausserdem in bekannter Weise die Bewölkung, Richtung und Stärke des Windes, sowie die Niederschläge an. Wir ersehen aus der Karte, dass einem das östliche Europa bedeckenden Gebiete hohen Luftdruckes, welcher 778 mm erreichte, ein grosses, aber flaches Depressionsgebiet über dem nordwestlichen und nördlichen Europa gegenüberlag. Die Druckunterschiede waren im Allgemeinen nicht beträchtlich, erfuhren aber durch eine über die nördliche Nordsee hin bis nach Jütland vorgeschobene Theildepression eine örtliche Verstärkung über dem westlichen und mittleren Norddeutschland, wo wir mehrfach Südsüdwest- und Südwinde von der Stärke 5 verzeichnet finden.

Die Temperatur war in West-Europa und über dem ganzen Ostseegebiete eine für die Jahreszeit verhältnissmässig hohe, während über Süddeutschland und Oesterreich mässiger, über Westrussland aber strenger, nach dem Innern an Intensität erheblich zunehmender Frost herrschte; Moskau hatte — 21°.

In Centraleuropa war der Himmel, besonders in der Nähe der Theildepression, bewölkt, vielfach regnete es; über England war das Wetter ziemlich heiter, im östlichen Centraleuropa vorwiegend wolkenlos; hier war in der vorhergehenden Nacht Reifbildung, theilweise Nebel eingetreten.

Um jedoch über die während der Ballonfahrt erfolgten Aenderungen in der Vertheilung der meteorologischen Elemente Aufschluss zu erhalten, wurden, soweit es die für diesen Zweck angestellten besonderen Beobachtungen gestatten, weitere Wetterkarten entworfen, welche für die Zeit von $11^1/_2{}^a$ bis $1^1/_2{}^p$ in halbstündigen Intervallen die Verhältnisse über den der Flugbahn des Ballons benachbarten Gebieten zur Darstellung bringen.

Vorweg ist zu bemerken, dass die Uebermittelung der telegraphischen Benachrichtigungen der Beobachter durchaus nicht mit der erwarteten Schnelligkeit erfolgte. Denn obwohl die Depeschen fast $1^1/_2$ Stunden vor der Auffahrt aufgegeben worden waren, gelangten dieselben doch überall erst etwa eine ganze Stunde nach der Auffahrt an ihre Adressen. Aus diesem Grunde fehlen leider während der ersten Stunde alle Beobachtungen ausser den in Berlin und Schöneberg an drei verschiedenen Stellen vorgenommenen.

Die folgende Tabelle giebt zunächst diejenigen Stationen und deren Beobachter an, welche, wie hier ausdrücklich anerkannt zu werden verdient, in höchst dankenswerther Weise thätig gewesen sind.

Station.	Beobachter.	von	bis	Meereshöhe m
Berlin, Schöneberg. Gasanstalt.	Dr. Kremser und Berson.	10.25a	12.50p	ca. 40
Berlin, Meteorolog. Institut .	Baschin, Dr. Süring.	10.25a	2.0p	45
Berlin N., Landw. Hochschule .	Dr. Less, Diener Fabi.	7.0a	6.0p	51
Blankenburg b. Berlin . . .	Jörns.	12.10p	4.0p	ca. 43
Eberswalde	Meteorolog. Station.	12.4p	4.5p	24
Stettin	Dr. Schönn.	12.10p	4.0p	35
Landsberg a. W.	Dr. Kewitsch.	12.0a	4.0p	36
Deutsch Krone	Dr. Zielinski, Manthey.	11.30a	4.0p	120
Neustrelitz	Haberland.	11.40a	4.0p	76
Waren	Mahn.	11.15a	4.0p	67
Marnitz	Tarncke.	11.10a	4.0p	94
Schwerin	Oesterreich.	12.15p	4.0p	44
Rostock	Landw. Versuchsstation.	1.0p	4.0p	27
Demmin	Schmidt.	1.0p	4.0p	6
Putbus	Freiberg.	11.45a	4.0p	52
Schivelbein	Kroggel.	11.30a	4.0p	97
Neustettin	Heyer.	11.0a	4.0p	136
Konitz	Paszotta.	12.5p	4.0p	157
Lauenburg	Dr. Schmidt.	12.0	4.0p	28

Auf Grund der von diesen Stationen eingelaufenen, zum Theil sehr ausführlichen Berichte sind nun die folgenden 5 Kärtchen entworfen worden. Die Barometerstände sowohl, als auch die Temperaturen, letztere unter Verwendung des Factors 0,5° pro 100 m, sind auf das Meeresniveau reducirt wor-

den. Die auf die Erdoberfläche projicirte Flugbahn des Ballons ist eingetragen, der Ort, an welchem sich der letztere zu den Terminen, für welche die Karten gelten, befand, ist durch ein kleines Ballonbild gekennzeichnet.

Aus dem oben angeführten Grunde war es leider unthunlich, für die erste Stunde der Ballonfahrt synoptische Karten zu construiren. Die erste Karte, No. 2, für den Termin 11½a entworfen, zeigt, dass die Isobaren über dem betreffenden Gebiete in der Richtung von SW nach NE verlaufen; die Ballonbahn, als Ausdruck der Windrichtung in 800 m Höhe, weicht von denselben um 30° ab. Die Windrichtungen convergiren nach dem westlich von Rügen belegenen Gebiete niedrigsten Luftdruckes; die Windstärke wird mit 3—4 der „Beaufort"-Scala angegeben, nur Marnitz meldet Stärke 6, was wahrscheinlich der relativ (94 m) hohen und freien Lage dieser Station zuzuschreiben ist.

Die Isothermen dieses Kärtchens zeigen ein Gebiet höchster Temperatur von mehr als 5° C, welches sich östlich von Berlin bis über Eberswalde und das Oderbruch hinaus erstreckt. Nach West sowohl wie nach Ost nimmt die Temperatur langsam und gleichmässig bis auf 2° ab, obwohl die Witterungsverhältnisse in den beiden Gebieten durchaus verschieden sind. Im Westen herrscht überall trüber Himmel, in Rostock mit leichtem Regen, im Osten ist das Wetter durchaus heiter. Die Ballonbahn lag demnach zu dieser Zeit an der Grenze des westlichen Depressionswetters und der östlichen anticyklonalen Witterung, dem Gebiete der letzteren näher.

Kärtchen 3 für die Zeit 12a zeigt wenig veränderte Verhältnisse. Die Isobaren sind, entsprechend der langsamen Annäherung der Drepression, nur wenig, etwa um 15 km. weiter südostwärts verschoben. Die Flugbahn des Ballons kreuzt um 12 Uhr gerade die Isobare 767 und beschreibt mit ihr einen Winkel von 40°, während die untere Windrichtung um 55° abweicht. Demnach hat die Luftströmung in 970 m Höhe eine um 15° nach rechts von der unteren abweichende Richtung. In den Isothermen ist in soweit eine Aenderung eingetreten, als es im Westen und im Nordosten etwas wärmer geworden ist. Im Westen hat sich das Regenwetter bis Schwerin ausgebreitet, die Bewölkung nimmt im Norden langsam zu, Stettin hat halbbedeckten Himmel, der Osten ist andauernd heiter. Der Wind ist in Richtung und Stärke fast unverändert geblieben.

Die Karte für 12½p (No. 4) lässt weiteres langsames Fortschreiten der Druckabnahme nach Südosten zu erkennen. Die Ballonbahn beschreibt abermals einen Winkel von 40° gegen die Isobaren und weicht um etwa 15° von der unteren Windrichtung ab. Die Isothermen sind wenig verändert, unter der Ballonbahn und im Osten, wo noch immer heiteres Wetter herrscht, findet langsame Zunahme der Temperatur statt; im westlichen Regengebiete ist dieselbe unverändert geblieben.

Um 1p (Karte 5) ist das Depressionsgebiet abermals, etwa um 15 km, näher gerückt; die Isobare für 764 ist bei Wustrow und Rügen auf das

Land getreten. Die Ballonbahn hat jetzt in 1300 m Höhe ihre grösste Annäherung an die Isobare erfahren, von welcher sie nur noch um 5° abweicht; mit der Richtung des Unterwindes aber schliesst sie einen Winkel von 60° ein. Die Himmelstrübung breitet sich nun weiter nach Osten aus, unter der Ballonbahn (Stettin) beträgt dieselbe $^3/_4$ des Himmels; in Folge dessen steigt die Temperatur nirgends weiter. Die Grenze des Regengebietes ist unverändert.

Um $1^1/_2$p (Karte 6), zur Zeit der Landung des Ballons (1^h 27p) hat sich die Druckabnahme abermals weiter ausgebreitet. Der Winkel des letzten Theiles der projicirten Flugbahn des Ballons zu den Isobaren ist wieder auf 40° angewachsen. Die Temperatur hat sich kaum verändert, das Regengebiet hat sich bis Marnitz ausgedehnt, die Bewölkungsverhältnisse sind unverändert geblieben.

Nach dieser Darlegung der allgemeinen meteorologischen Verhältnisse auf der Erdoberfläche wenden wir uns zu der Erörterung der im Ballon selbst angestellten Beobachtungen, sowie derjenigen der nächstgelegenen Stationen, welche zur Ermittelung der verticalen Aenderungen herangezogen worden sind.

Wir folgen hierbei dem auf p. 30 und 31 dieser Abhandlungen gegebenen „Normalschema" in allen einschlägigen Punkten.

(Tabelle umstehend.)

30. Januar

Beobachtungen an der Erdoberfläche. Beob

1. Zeit	2. Basis-Station Höhe in m über NN	3. Barom. red. 0° und NN	4. Psychrometer trocken	5. Psychrometer feucht	6. Dampfspannung mm	7. Relat. Feuchtigk. %	8. Windrichtung und Stärke 0–12	9. Bewölkung Grad, Form, Dichte	10. Bewölkung Zug aus	11. Zug der Cirri aus	12. Sonnenschein 0–2	13. Hg.-Barom. Fuess No. 872 auf 0° red.	14. Aner.-Bar. Bohne No. 1279 red. 0°	15. Corrig. Barometer-Stand	16. Höhe über NN in m
9h 0' a. m.	Berlin-Schöneberg 40 m	768.2					S 2	2° Stream	SW	NW	⊙3				
23'							SSW 2	4° „	WSW	„	⊙2	764.6	766.8		
53'		768.0					SSW 3	4° „	„	„	⊙2	764.5	766.1		
10h 0'							SSW 3	4° „	„	„	⊙2				
24'		68.1	4.0	1.9	4.2	69					⊙3		766.2		
25'			4.0	1.9											
28'		68.2											787.8	788.0	325
30'			4.1	1.7	4.0	65	SSW 3	4° Stream	WSW	WNW					
31'		68.1	4.1									782.0	781.8	782.0	390
34'		68.1	3.8	1.6	4.1	67							782.2	782.9	379
35'			3.8	1.6	4.1	67									
37' 30"		68.0											780.2	780.9	402
40'		68.0	4.1	1.8	4.1	66						725.8	726.2	725.8	458
45'		68.0	4.2	1.8	4.0	65						720.2	721.2	720.2	520
50'		68.0	4.5	1.9	4.0	63						715.6	719.8	715.6	572
55'		68.0	4.4	1.9	4.0	64	S 3			W			712.8	709.0	648
11h 0'	Eberswalde 24 m	(67.9)	4.5	2.0	4.0	64	SSE 3	4° „	„	WNW	⊙2		709.8	706.1	681
5'											⊙2				
10'		(67.9)	4.6								⊙2		705.4	702.0	727
15'			4.7								⊙2		696.5	692.8	833
18'											⊙2		699.5	695.8	800
20'		(67.8)	(4.8)								⊙2		694.5	691.0	854
23'											⊙2	688.2	692.0	688.2	885
25'			4.9								⊙2		688.9	685.1	921
28'			(4.9)								⊙2		698.5	694.7	809
30'		(67.7)	5.0								⊙2		700.4	696.6	788
32'			(5.0)								⊙2		699.5	696.4	791
34'			5.1								⊙2		691.9	688.9	880
35'											⊙2				
38'			(5.1)								⊙2	684.0	686.9	684.0	934
40'		(67.6)									⊙2				
42'			(5.1)								⊙2		692.4	689.5	871
45'			5.2								⊙2		694.4	691.5	849
48'			(5.2)								⊙2		693.6	689.7	870
50'		(67.6)	5.2								⊙2		687.4	688.5	940
53'			(5.2)								⊙2		686.5	688.6	939
54'			(5.1)								⊙2	683.5	685.5	688.5	941
55'															
56'											⊙2				
12h 0' a. m.	Stettin 35 m	(67.4)	(5.0)					5° Cstr		WSW			682.6	680.6	974
5' p. m.		67.3	5.0										691.9	689.9	866
9'			(4.9)										686.4	684.4	922
10'					4.4	73		5° „	WSW						
12'															
14'			4.8										675.5	678.5	1047
15'		67.2	(4.8)										675.9	673.9	1043

1891.

achtungen im Luftballon.

17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.
Aspirations-Psychrometer No. 310 feucht	Aspirations-Psychrometer No. 311 trocken	Aspirations-Psychrometer No. 312 feucht	Temper.-Aenderung pro 100 m. *	Potentielle Temper.	Dampfspannung in mm	Dampfspannung Aenderung pro 100 m	Relat. Feuchtigk. in %	Schwarzkugelth. No. 266	Ballon- Richtung aus	Ballon- Geschwind. m. p. sec.	Bewölkung über dem Ballon Grad, Form, Dichte	Bewölkung über dem Ballon Höhe üb. d. Ballon. m.	Bewölkung unter dem Ballon Grad, Form, Dichte	Bewölkung unter dem Ballon Höhe unt. d. Ballon. m.	Sonnenschein 0—2	Bemerkungen.
0.1	1.6	0.1													$\odot^{2}$	In den Ct. keine Ringerscheinungen.
0.7	2 2	0.7														
									S10°W						$\odot^{2}$	Zu 10h 37' 30 Obere Grenze des Berliner Rauches.
											Falsche Cirren *	3—4000	Durchsicht. Schleier, in Cum-Form aufgetrieben.	2—300		
−0.5	2 8	−0.5	0.37	6.8	2.8		50									
−0.8	2.4	−0.4	0.41	6.6	3.1	0.26	57			15.0						Zu 10h 40' StarkeLichtreflexion v. den Rieselfeldern.
0.2	4.4	0 2		8.6	2 6		42									
1.1	3.9	0.1	0 05	8 7	2 8	0 31	46		S30°W		2° Cstr				$\odot^{2}$	
−0.0	3.0	−1 0	0.25	8 4	2 4	0 33	41									Zu 10h 50' Am Anemomt. 0.5 m. p. sec. Wind, keine Drehung des Ballons.
−0.7	3 0	−0.7	0.28	8 9	2 6	0 26	45			15.4						
−1 0	3.5		0 18	10.5	2 1	0.31	36									
−0.9	3.4	−1.0	0.19	10.6	2.2	0 28	37	24.5			4° Cstr				$\odot^{2}$	
															$\odot^{1}$	
−1.0	3.0	−1.0	0 23	10.7	2 4		42	24.0	S30°W	13.0	Stratus	2000			$\odot^{1}$	Zu 11h 10' Streifige Dunstschicht, rings am Horizonte, bes. dicht nach NW zu.
−1.5	2.2	−1.5	0 31	10.5	2.4		45	20.5	S5°E							
									S5°E							
−1.8	2.7	−1.8	0.25	11 2	2.3		42		S30°W							
−1.7	1 8	−1 8	0.35	10 7	2.4		45									
−2 8	1 6	−1.9	0.37	10 8	2.3		44				5° Cstr					
−1 0	2.0	−1.8		10.1	2.3		44			10 1						
−1.0	2.7	−1.0	0 29	10.7	2.5		44	21 4			5° Cstr				$\odot^{1}$	StarkeLichtreflexion v. eisbedeckten Werbelinsee.
−1.0	2 8	−0.9	0.29	10 8	2 5		44	23.7							$\odot^{2}$	
−0.4	3.6	−0.5	0.18	12 6	2 6		45	25.5							$\odot^{2}$	
−2.2	1.8	−2.2	0.36	11.5	2.1		39	26.5							$\odot^{2}$	Zu 11h 30' Cirrus schleier vor ⊙
−1.0	2.8	−1.0	0.27	12 1	2 5		45	27.0		13.9					$\odot^{2}$	
−0.4	3.2	−0.5	0.24	12.5	2 7		48	28.0			5° Cstr				$\odot^{2}$	Zu 11h 54 Cirr. beträchtlich; zunehmend Str. im NW.
−2.0	1.8	−2 0	0.37	11.8	2 2		42	27.5							$\odot^{1}$	
−2.2	1.8	−2.2	0 87	11.8	2 1		39									
−2.8	1.7	−2.7			1.7		32									
−2.6	1.8	−2 6	0.39	11.2	2.0		40			11.9					$\odot^{1}$	Im N heller Schein, darüber z. Haff?
−2.2	1.8	−2.2	0 88	10.9	2 0		39	21.5	S30° W		5° Cstr					
−2.2	2.0	−2.0	0.32	11.6	2.0		37				Dichte Stratusmassen im NW					Zu 12h 5' p.m. Verwaschene Cstr. vor ⊙ Haff deutlich sichtbar.
−2 6	1.4	−2.6			2.0		39	22.0							$\odot^{1}$	
−3.0	1.0	−3.0	0.37	11.7	1.9		37	22.5	S33°W						$\odot^{1}$	

Beobachtungen an der Erdoberfläche.												Beob.			
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11	12.	13.	14.	15.	16.
Zeit	Basis-Station Höhe in m über NN	Barom. red. 0° und NN	Psychrometer trocken	Psychrometer feucht	Dampfspannung mm	Relat. Feuchtigk. %	Windrichtung und Stärke 0—12	Bewölkung Grad, Form, Dichte	Bewölkung Zug aus	Zug der Cirri aus	Sonnenschein 0—2	Hg.-Barom. Fuess No. 872 auf 0° red.	Aner.-Bar. Bohne No 1279 red. 0°	Corrig. Barometer-Stand	Höhe über NN in m
12h 17' p.m.			(4.8)												
20'					4 2	69		5° Cstr	wsw						
21'			4.7										680.4	678.4	990
22'													682.6	680.8	961
24'			4.6										672.1	670.6	1081
25'		67.0													
26'															
30'		66.9	4 4		4.2	68		6° Cstr	wsw				667.6	666.8	1134
34'			(4.4)									667.8	668.9	667.8	1118
35'															
36'													665.5	664.4	1159
40'		66.9	4 4		4.2	68		7° Cstr	wsw			659 1	658.4	659 1	1220
41'													658.4	659.1	1220
45'															
47'													657 9	657.4	1288
50'		66 7	4 2	2.4	4.4	71		7° Cstr	wsw						
53'			4.2										655 4	655.0	1267
55'			(4.2)										659.4	659.0	1219
58'													659.4	659.0	1220
1h 0' p.m.		66 9	4 2	2.4	4.4	71		7° Cstr	wsw						
2'			(4 2)		(4.4)	(71)							650.4	650.0	1330
5'															
6'			(4 4)										656.4	656.0	1258
9'			4.6										657.4	657.0	1248
10'		67.2	4 4					7° Cstr	wsw						
20'		66 6	4 4	2 4	1.3	68									
27'															
2h 0' p.m.	Stettin	66.2	4.1	2.4	4.4	72									
2h 13' p.m.	Feld bei														
14'	Stolzenburg														

Dauer der Fahrt 3 Std. 3 Min. Länge des zurückgelegten Weges 139 km; durch-
Ballastvorrath 6 Sack (à 13 kg), Verbrauch 2½ Sack. Landung

Zu dieser Tabelle sei Folgendes bemerkt.

Wie schon im ersten Theile dieser Abhandlungen unter dem Titel: „Die Erfordernisse einer Ballonfahrt zu wissenschaftlichen Zwecken“ genauer ausgeführt worden ist, erfordern manche der herbeigezogenen Beobachtungen Reductionen oder Ausgleichungen.

In erster Linie war es erforderlich, unter den zur Verfügung stehenden Stationen diejenigen auszuwählen, welche der auf die Erdoberfläche projicirten Flugbahn des Ballons am nächsten lagen und somit als „Basis-

achtungen im Luftballon.

17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	32.	33.
Aspirations-Psychrometer			Temper.-Aenderung pro 100 m. °	Potentielle Temper.	Dampfspannung		Relat. Feuchtigk. in %	Schwarzkugelth. No. 266	Ballon-		Bewölkung über dem Ballon		Bewölkung unter dem Ballon		Sonnenschein 0—2	Bemerkungen.
No. 310 feucht	No. 311 trocken	No. 312 feucht			in mm	Aenderung pro 100 m			Richtung aus	Geschwind. m. p. sec.	Grad, Form, Dichte	Höhe üb. d. Ballon. m.	Grad, Form, Dichte	Höhe unt. d. Ballon. m.		
—2.8	1.4	—2.8			1.7		33									
—2.2	2.2	—2.2	0.26	12.5	1 9		35	20.0							⊙[1]	⊙ immer mehr verschleiert.
—2.8	1 2	—2.8	0.32	12.6	1.9		38	19 3			6' Cstr				⊙[0]	
	0.6									8.9						
—3.5	0.0	—3.6	0.36	12.0	2.0	0.20	42									
—1.8	2.2	—1.8	0.20	14.0	2.2		41				6' Cstr				⊙[0]	
—2.5	1 8	—2.5	0.23	13.8	1.9		36									
—3.6	0.2	—3.5	0.35	12.9	1.8	0.20	39									
									S39°W							
—3.8	—0.2	—3.8	0.37	13.0	1.7		37				7' Cstr				⊙[0]	Quecks. Bar. eingepackt.
										12.9						
—3.7	0.1	—3.7	0.35	13.0	1 8		39									Str. Bank im NW.
									S30°W							
—4 2	—0.6	—4 3	0 37	13.4	1.2	(0.25)	26									
—3.4	0.4	—3.4	0.33	13 7	1.9		38			12.7					⊙[0]	
—3.2	0.4	—3.2	0 35	13.6	2.0		42				7' Cstr					Therm. eingepackt.
									S10°W							
1.2	2.5	1.2			4 3		77									Leichte Landung bei Stolzenburg, Kreis Randow.
1.0	2.2	1 0			4.3		80									

schnittliche Geschwindigkeit 12.9 m. p. sec. Maximalhöhe 1330 m über NN.
bei 7 m Windgeschwindigkeit mit Ankeregge und Gummibremse.

stationen“ benutzt werden konnten. Hierfür boten sich ausser Berlin, wo an drei verschiedenen Stellen beobachtet wurde, Blankenburg bei Berlin (städtisches Rieselgut), Eberswalde und Stettin dar. Prenzlau, sonst eine Station III. Ordnung, war wegen kurz zuvor erfolgten Beobachterwechsels nicht benachrichtigt worden, was sowohl wegen der grossen Entfernung zwischen Eberswalde und Stettin, gegen 75 km, als auch aus dem Grunde sehr zu beklagen ist, weil die Ballonbahn nur in 7 km Entfernung östlich von Prenzlau vorüberführte. Die leidige Verspätung der Telegramme

brachte nun aber noch den ferneren Nachtheil, dass auch Blankenburg unberücksichtigt bleiben musste, da die Beobachtungen erst um 12h 10 p ihren Anfang nahmen zu einer Zeit, als sich der Ballon schon an der Südspitze des oberen Ueckersees, 70 km von Blankenburg entfernt, befand. So blieben allein Berlin, Eberswalde und Stettin übrig.

Die an diesen Stationen angestellten Beobachtungen wurden nun soweit für die Vergleichung mit den Ballonaufzeichnungen herangezogen, als dies den jeweiligen Ballonörtern am besten entsprach: bis 10h 55 m, als der Ballon Bernau westlich passirte, Berlin, von da an bis 11h 56 m, entsprechend der Gegend zwischen Joachimsthal und Steglitz, Eberswalde, endlich Stettin bis zum Ende der Fahrt. Der Geltungsbereich der Beobachtungen von Berlin betrug demnach 27 km, derjenigen von Eberswalde etwa 43, der von Stettin 57 km; dabei lag Eberswalde in der Mitte, Stettin im letzten Drittel seines Bereiches.

Da, wie wir aus den synoptischen Karten erkannt haben, eine Aenderung der Witterungsverhältnisse in Form von zunehmender Bewölkung und Niederschlägen, verbunden mit einer leichten Temperaturerniedrigung, während der Dauer der Fahrt, und zwar von NW nach SE fortschreitend, eintrat, musste auch eine dementsprechende Ausgleichung und Ueberleitung der Temperaturbeobachtungen von der einen zur anderen Basisstation in diesem Sinne erfolgen. Die in dem Diagramme der beigegebenen Tafel eingezeichnete „Curve der ausgeglichenen Temperatur auf der Erdoberfläche unterhalb der Flugbahn“ zeigt den wahrscheinlichen Gang der Lufttemperatur; die entsprechenden Zahlenangaben finden sich in der Spalte 4, die interpolirten Werthe sind eingeklammert. Eine Reduction der Temperaturangaben auf das Meeresniveau hat nicht stattgefunden, demnach sind bei den Berechnungen der Aenderungen mit der Höhe die Meereshöhen der Stationen berücksichtigt worden.

Da in Berlin bei den Beobachtungen auf dem Ballonplatze in Schöneberg ein Aspirations-Psychrometer, in Eberswalde und Stettin aber gewöhnliche Psychrometer in Gehäuse-Aufstellungen benutzt wurden, fehlt denselben streng genommen die volle Vergleichbarkeit. Doch ist in dem vorliegenden Falle bei der geringen Strahlungs-Intensität und der unbedeutenden Tagesschwankung ohne weiteres von diesem Bedenken, welches unter ungünstigen Verhältnissen recht schwerwiegend werden kann, abzusehen.

Dampfspannung und Relative Feuchtigkeit sind bei dem Aspirations-Psychrometer nach der Formel von Sprung, $f = f' - \frac{1}{2}(t - t')\frac{h}{755}$, berechnet, bei den Standpsychrometern den Jelinek'schen Tafeln entnommen worden.

Der „Sonnenschein“ in Spalte 12 und 32 der Tabelle wurde nach einer Schätzung notirt, bei welcher der Exponent ⁰ bedeutet, dass die Sonne von Wolken bedeckt, aber noch deutlich sichtbar ist; ¹ bedeutet eine

leichte Verschleierung der Sonne, 2 völlig unbehinderte Sonnenstrahlung. Die Beobachtungen in Eberswalde sind dem Sonnenschein-Autographen entnommen, in Stettin wurden diese Beobachtungen nicht angestellt.

Zu den Werthen der Ballonbeobachtungen ist noch Folgendes zu bemerken.

Die Ablesungen des Quecksilberbarometers, welche, soweit als thunlich, zu den Zeiten geringer Höhenänderungen des Ballons vorgenommen wurden, — was übrigens ohne die Verwendung eines Barographen, wie bei dieser Fahrt, sehr schwer zu beurtheilen ist, — wurden als die richtigen angesehen und an Stelle der gleichzeitigen Angaben des Aneroidbarometers eingesetzt; die hierbei auftretenden Abweichungen wurden als Correctionen für die übrigen Ablesungen des Aneroids verwendet und daraus der in Spalte 15 angegebene „Corrigirte Barometerstand" ermittelt, welcher der Höhenberechnung zu Grunde gelegt wurde. Die Höhen sind nach der Radau'schen Tafel ohne Anwendung von Logarithmen*) unter Berücksichtigung der Temperatur, aber Vernachlässigung der geographischen Breite ermittelt worden.

Die „Temperatur-Aenderung pro 100 m" in Spalte 20 ist für den ganzen Höhenunterschied zwischen dem Ballon und der entsprechenden Basisstation berechnet werden, ebenso die „Aenderung der Dampfspannung pro 100 m Höhe" in Spalte 23. Die Angaben der „Potentiellen Temperatur" in Spalte 21 sind der Hertz'schen Tafel**) entnommen. Als Ausgangspunkt dienten die Beobachtungen im Ballon, sodass die Werthe der Tabelle angeben, welche Temperatur am Erdboden herrschen musste, wenn das der Messung unterworfene Luftquantum mit allen seinen Eigenschaften an die Erdoberfläche versetzt würde. Für die Ermittelung der Dampfspannung und Relativen Feuchtigkeit wurde die Formel von Sprung verwendet.

Die Angaben des Schwarzkugelthermometers, Spalte 25, sind bei dieser Fahrt nicht auf analoge Beobachtungen an der Erdoberfläche zu beziehen, da letztere nicht angestellt worden sind.

Die Richtung und Geschwindigkeit der Ballonbewegung, Spalten 26 und 27, sind aus den während der Fahrt angestellten Ortsbestimmungen mittels des als Loth dienenden 50 m tief unter dem Korbe hängenden Ankers ermittelt werden. Wenn auch nicht zu längnen ist, dass diesen Bestimmungen, besonders denen der Geschwindigkeit, gewisse Unsicherheiten anhaften, da kleine Ungenauigkeiten in der Beobachtung grosse Fehler erzeugen können, so darf man doch die gegebenen Werthe als ziemlich verlässlich ansehen.

Die ferneren Spalten der Tabelle bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

*) Jelineks Anleitung zur Ausführung meteorologischer Beobachtungen, Wien 1884 p. 141 ff.

**) Graphische Methode zur Bestimmung der adiabatischen Zustandsänderungen feuchter Luft, Meteorologische Zeitschrift 1884, p. 421 und 474.

Unterwerfen wir nun die einzelnen Elemente eingehenderer Betrachtung, so haben wir zunächst zu constatiren, dass der Luftdruck an der Erdoberfläche, wie wir oben schon gesehen haben, in langsamer Abnahme begriffen war. Der Barometerfall betrug in Berlin während der Zeit von 9a — 2p 1,0 mm, von 12a — 2p 0,6 mm, in Stettin aber während des letzteren Zeitraumes 1,1 mm. Die Druckabnahme erfolgte demnach in Stettin erheblich schneller.

Aus den synoptischen Karten ergeben sich die gleichzeitigen Druckdifferenzen zwischen Berlin und Stettin um 12a = 0,6 mm, um 1p = 0,4 mm, um 1½p = 0,7 mm. Da der Ballon im Bereiche der unteren Luftströmung dem Druckgefälle folgte, mussten die Barometerstände für die zwischen den Stationen liegenden Fahrtabschnitte nothwendigerweise einer Ausgleichung unterzogen werden, was am besten an der Hand der synoptischen Karten geschehen konnte. Die Fahrt des Ballons ist als eine solche zu betrachten, welche an der Grenze des Gebietes einer mässig intensiven Anticyklone und an der Vorderseite einer flachen, langsam heranrückenden Depression verlief. Der allgemeine Witterungscharakter zeigte dabei, vom Ballon aus betrachtet, noch die Eigenthümlichkeiten anticyklonaler Druckvertheilung, während die Erscheinungen der Depressionswitterung, besonders starke Bewölkung und Regen, von 11a an in der Ferne nach Nordwest zu deutlich erkannt wurden.

Die Lufttemperatur an der Erdoberfläche schwankte nur in engen Grenzen; in Berlin stieg dieselbe von 9a bis 2p um 2,3°, ohne jedoch eine gleichmässige Zunahme zu zeigen. Vielmehr finden sich an allen drei gleichzeitig beobachtenden Stationen, Schöneberg, Landwirthschaftliche Hochschule in der Invalidenstrasse und Meteorologisches Institut am Schinkelplatz, wiederholt unregelmässige kurze Auf- und Abwärtsschwankungen des Thermometers.

In Eberswalde betrug die Schwankung in demselben Zeitraume etwa 3°, in Stettin zwischen 12a und 2p nur 0,3°.

So stellt sich die auf der Tafel angegebene Curve der ausgeglichenen Temperaturen als eine doppelte Schwankung dar, hervorgerufen durch die abgeschwächte Wirkung der täglichen Periode in den von wesentlich anticyklonaler Witterung beherrschten Gegenden, sowie im zweiten Theile der Bahn beeinflusst durch die zunehmende Trübung unter dem Einflusse der heranrückenden Depression. Die ganze Schwankung beträgt 1,6°.

Unter diesen Umständen wird man keinen erheblichen Fehler begehen, wenn man bei der Discussion der im Ballon angestellten Temperaturbeobachtungen die tägliche Periode ausser Betrachtung lässt.

Die Curve des Aspirationsthermometers im Ballon auf unserer Tafel I zeigt beträchtliche Schwankungen, welche im Allgemeinen mit den Höhenänderungen des Ballons in der Weise zusammenfallen, dass beim Steigen

desselben die Temperatur sinkt, beim Fallen aber steigt. Im ersten Theile der Fahrt finden sich indess einige auffallende Abweichungen von diesem Verhalten, indem wiederholt bei steigendem Ballon Temperaturzunahmen von aussergewöhnlichem Betrage mit schnellen Temperaturabnahmen wechseln.

Um über die Thatsächlichkeit dieser auffallenden Erscheinungen ein Urtheil zu gewinnen, ist es zunächst erforderlich, die verschiedenen Fehlermöglichkeiten zu untersuchen.

In erster Linie wäre daran zu denken, dass eine Beeinflussung des Thermometers durch die Sonnenstrahlung in Folge von fehlender oder ungenügender Aspiration Platz gegriffen hätte. Diese Möglichkeit glaube ich jedoch mit Bestimmtheit ausschliessen zu dürfen, da ich sicher bin, die Aspiration ununterbrochen im vollen Gange erhalten zu haben, oder doch, falls eine Unterbrechung unvermeidlich war, die Ablesungen erst dann wieder aufgenommen zu haben, wenn ausreichende Zeit zur Beseitigung der Strahlungseinflüsse verstrichen war.

Es wäre ferner die Möglichkeit in das Auge zu fassen, dass die, wie wir noch weiter unten sehen werden, nicht fehlerfreie Art der Ablesung des Aspirationspsychrometers, bedingt durch das Heranziehen desselben an den Korb bis auf 0,5 m Entfernung, die Schuld an den sonderbaren Temperatursprüngen trüge. Doch bin ich auch hier sicher, von vornherein alle diejenigen Beobachtungen principiell ausgeschlossen zu haben, welche auch nur den geringsten Verdacht einer derartigen Beeinflussung erkennen liessen.

Die bei den späteren Auffahrten des Ballons „Phönix" nach zahlreichen vergeblichen Versuchen ausgeführten Registrirungen der Lufttemperatur mittels eines Thermographen lehrten uns eine weitere Fehlerquelle kennen, welche darauf beruht, dass der in Folge der Aspirationsvorrichtung aufwärts sich bewegende Luftstrom bei schnellem Steigen des Ballons eine erhebliche Schwächung erfahren muss, veranlasst durch das Beharrungsvermögen der eingeschlossenen Luftsäule. Letztere wird in diesem Falle eine Abwärtsbewegung im Aspiratorrohre auszuführen bestrebt sein und um deren Betrag die entgegengesetzt gerichtete Bewegung schwächen. Bei dem dreifachen Ballon-Aspirationspsychrometer wird ein analoger Vorgang, wenn auch in geringerer Intensität, nicht fehlen, und es ist in der That bei aufmerksamer Beobachtung zu bemerken, dass bei plötzlichem schnellen Steigen des Ballons eine kurze Aufwärtsbewegung der Thermometer um einige Zehntelgrade vorkommt, schnell aber wieder verschwindet. Ueber die Mittel, diesen Fehler von dem Thermographen fern zu halten, wird später berichtet werden. Eine fernere Fehlerquelle, welche nahezu allen bisherigen Ballonbeobachtungen ohne Zweifel anhaftet, ist das aus der ungenügenden Empfindlichkeit der Thermometer hervorgehende „Nachhinken" der Angaben bei schnellen Höhen-Aenderungen. Hierdurch wird bewirkt, dass im Allgemeinen alle Aufstieg-Beobachtungen zu hoch, alle beim Sinken angestellten zu tief ausfallen.

Würde nun in diesen Fehlerquellen der Grund für die oben aufgeführten abnormen Temperatursteigerungen bei steigendem Ballon zu suchen sein, so hätte dies unter sonst gleich bleibenden Verhältnissen in allen betreffenden Fällen eintreten müssen. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall, wie aus der Tabelle auf Seite 50 hervorgeht, bei welcher die bei fallendem und bei steigendem Ballon beobachteten Werthe von einander getrennt worden sind.

So bleibt bei sorgfältigster Ueberlegung nichts anderes übrig, als die scheinbar abnormen Beobachtungen als thatsächliche anzusehen.

Zur Erklärung derselben haben wir uns vorerst daran zu erinnern, dass die Flugbahn des Ballons an der Grenze zwischen einem barometrischen Maximum und einer anrückenden Depression lag, dass aber im ersten Theile der Bahn der Witterungscharakter ein durchaus anticyklonaler war, während gegen Ende derselben in grösserer Nähe der Depression die Erscheinungen des barometrischen Minimums deutlich wurden.

Im Gebiete eines barometrischen Maximums und in dessen näherer Umgebung ist bekanntlich die Luft in einer abwärts gerichteten Bewegung begriffen, wobei sie durch Zunahme des Druckes comprimirt und erwärmt wird. Findet, wie dies meistens unter diesen Verhältnissen der Fall ist, bei klarer Luft starke nächtliche Wärmeausstrahlung des Erdbodens statt, so werden die untersten Luftschichten stärker abgekühlt, als die Compressionswirkung sie erwärmt. Die Folge dieses Vorganges ist derjenige thermische Zustand der Luft, welchen man als „Temperaturumkehrung“ bezeichnet, d. h. die untersten Luftschichten sind bis zu einer gewissen Grenze kälter, als die darüber liegenden höheren, deren Temperatur erst in beträchtlicherer Höhe wieder abnimmt. Unter solchen Verhältnissen wird man beim Aufsteigen aus einer kalten meist schnell in eine wärmere Luftschicht und dann langsam wieder in kältere gerathen, wie dies thatsächlich wiederholt in ganz ausserordentlichem Maasse beobachtet worden ist.

In einiger Entfernung vom Kerne des barometrischen Maximums treten diese Erscheinungen in abgeschwächtem Maasse auf, sodass an Stelle der wirklichen Temperaturumkehrung nur eine Schwächung der normalen Temperaturabnahme mit der Höhe auftritt.

Den Luftaustausch zwischen Anticyklone und Depression ist man gewöhnt, sich in rein schematischer Weise so vorzustellen, dass allein in den untersten Schichten der ersteren die Luft nach der letzteren hin und in den höheren Regionen von der Depression nach der Anticyklone zurückströmt. Viele gewichtige Gründe sprechen aber dafür, dass dieses Schema durchaus nicht den wirklichen Vorgängen entspricht, dass vielmehr auch in den höheren Schichten der Atmosphäre ein seitliches Abfliessen anticyklonaler Luftmassen nach der Depression hin stattfindet. Und zwar wird dies vornehmlich in den Grenzgebieten zwischen den beiden Typen der Druckvertheilung der Fall sein; man trifft dann verhältnissmässig warme, aus der Anticyklone stammende Luftschichten zwischen zwei kälteren an, deren

Mischung hauptsächlich durch die Verschiedenheit ihrer specifischen Schwere an der oberen Grenze der wärmeren in verticaler Richtung erfolgt, besonders dann, wenn hier die Temperaturabnahme mit der Höhe die Grenze der labilen Gleichgewichtslage, also 1° auf 100 m überschreitet. Unter solchen Verhältnissen sind demnach auf- und absteigende Bewegungen der Luft zu erwarten, welche mit entsprechenden schnellen Aenderungen der Temperatur verbunden sind.

Verfolgen wir nun unter diesen Gesichtspunkten die von unserem Ballon angetroffenen Lufttemperaturen, so finden wir Folgendes:

Beim Aufstiege nahm die Temperatur von 4.1° an der Erdoberfläche auf 2.4° in 380 m Höhe ab, was einer Aenderung von 0.5° pro 100 m entspricht. Hier trat der Ballon in eine erheblich wärmere Luftschicht ein, deren Temperatur in 402 m Höhe um volle 2° höher, und um 0.6° höher lag, als die gleichzeitige Temperatur an der Erdoberfläche, sodass hier eine thatsächliche Temperaturumkehrung vorhanden war. Diese plötzliche Temperatursteigerung war den Luftschiffern auch, abgesehen von der Thermometerablesung, sofort bemerkbar geworden, was uns veranlasste, nach einer Erklärung derselben zu suchen; hierbei wurde die Vermuthung ausgesprochen, dass die auffallend starke, geradezu unsere Augen blendende Lichtreflexion von den auf grosse Strecken hin eisbedeckten Rieselfeldern bei Blankenburg von einer entsprechenden Wärmereflexion begleitet sein könnte. Wichtiger war jedoch, wie spätere analoge Beobachtungen zur Genüge gelehrt haben, der Umstand, dass wir, obwohl wir weder beim Aufstiege in Schöneberg, noch bei der Fahrt über dem Westen von Berlin niedrige Wolken bemerkt hatten, uns beim Erreichen der Höhe von etwa 400 m an der oberen Grenze einer cumulusartig geballten dunstigen Staub- oder Rauchschicht sahen, welche ausschliesslich über der Stadt und deren näherer Umgebung im Norden derselben lag und die Durchsicht nach der Erde leicht verschleierte. Ueber Blankenburg war dieselbe völlig verschwunden. Man könnte daher diesen auffallenden Temperatursprung auch als den Ausdruck einer von der Oberfläche der Dunstmassen erfolgten Wärmereflexion ansehen, ein Vorgang, für welchen wir später noch zahlreiche Beispiele anführen werden.

Bei weiterem Steigen des Ballons nahm nun die Temperatur zuerst langsam, dann sogar sehr schnell ab; so sank sie von 3.9° in 458 m auf 3.0° in 520 m Höhe, was für 100 m 1.4° betragen, also labiles Gleichgewicht bedingen würde. Bald darauf trat der Ballon abermals in eine wärmere Luftschicht ein, in welcher aber keine Spur einer Wolkenbildung vorhanden war. Trotz zunehmender Höhe um 58 m blieb zunächst die Temperatur unverändert auf 3.0° und stieg dann nach weiterem Ansteigen um 76 m sogar auf 3.5°.

Von hier aus erfolgte zunächst ein äusserst langsames Sinken von 0.1° auf 33 m, demnach schnelleres um 0.4° auf 46 m und 0.8° auf 106 m

Höhenzunahme, sodass zwischen 681 und 833 m Höhe eine Aenderung von 1.3° vorhanden war. Bald darauf erfolgte eine Temperaturzunahme von 0.5°, während der Ballon von 833 auf 854 m stieg, gefolgt von äusserst rapider Abkühlung um 0.9° bei weiterer Höhenzunahme um 31 m, was dem Werthe von 2.8° mit 100 m entsprechen würde. Nach weiterem Aufsteigen um 36 m, wobei die Temperatur um 0.2° abnahm, sank der Ballon zunächst um 112 m, wobei die Temperatur um 0.4° stieg, dann weiter um 21 m mit weiterer Temperaturzunahme von 0.7°; obwohl derselbe aber bald wieder um 92 m stieg, ging die Temperatur weiter bis 3.6° in die Höhe. In derselben Luftschicht in etwa 880 m Höhe, in welcher vor 11 Minuten eine Temperatur von 1.8° angetroffen worden war, fand man jetzt eine solche von 3.6°.

In allen den angeführten Fällen, besonders aber in dem letzten, bleibt kaum eine andere Erklärung übrig, als diejenige, dass in der zwischen 600 und 900 m Höhe befindlichen Luftschicht ein lebhafter verticaler Luftaustausch stattgefunden haben muss, welcher niedersinkende warme und aufsteigende kalte Luftmassen mit einander zu mischen bestrebt war. Wenn auch nicht ausser Betracht gelassen werden darf, dass alle die genannten Temperaturänderungen nicht in einer und derselben Luftmasse aufgetreten sind, sondern dass der Ballon in den Zwischenzeiten seinen Ort erheblich gewechselt hat, so wird man doch annehmen können, dass, da die den Ballon umgebende Luftmasse in horizontaler Richtung mit demselben fortgewandert ist, und die Höhenänderungen gering waren, die genannten thermischen Vorgänge im Wesentlichen aus den höheren oder tieferen Schichten herbeigeführt worden sind.

Auch im weiteren Verlaufe der Fahrt treten noch starke Temperatur-Aenderungen mit der Höhe ein: von $11^h\ 34^m$ bis $11^h\ 38^m$ stieg der Ballon von 880 auf 934 m, also um 54 m, wobei die Temperatur um 1.8°, entsprechend 3.3° pro 100 m abnahm; beim Sinken um 64 m stieg dieselbe wieder um 1.4° (2.2° pro 100 m) und sank beim Steigen um 70 m wieder auf 1.8° (2.0° pro 100 m). Diese Temperatur scheint die der Luftschicht von 890 bis 940 m Höhe eigenthümliche gewesen zu sein, da dieselbe um $11^h\ 23^m$, $11^h\ 38^m$, $11^h\ 50^m$, $11^h\ 53^m$a und $12^h\ 5$p angetroffen wurde; später trat dieselbe aber noch einmal in 1160 m Höhe auf. Dieselbe scheint eine dicht unter ihr in 650 bis 880 m Höhe gelegene erheblich wärmere mit Temperaturen von 2.8° bis 3.6° begrenzt und mit dieser einen lebhaften Luftaustausch bei labilen Gleichgewichtsverhältnissen unterhalten zu haben.

Um $12^h\ 9^m$ trat, obwohl der Ballon um 56 m, auf 922 m stieg, eine kleine Temperaturzunahme von 0.2° auf 2.0° ein, welcher bis 1043 m Höhe schnelle Abnahme auf 1.0° (0.8° auf 100 m), weiter bei auf 990 m sinkendem Ballon eine rapide Zunahme um 1.2° (2.3° auf 100 m), darauf schnelle Abnahme um 1.5° auf 100 m folgte, wobei in 1134 m Höhe der Gefrierpunkt erreicht wurde. Ganz auffallend ist die nun erfolgte rapide Tem-



peraturzunahme um volle 2.2° bei einer nur 16 m betragenden Senkung des Ballons, welche bei wieder erfolgendem Steigen auf 1159 m Höhe um 0.4° (1.0° pro 100 m) und weiter auf 1220 m Höhe um 1.6° (2.6° auf 100 m) abnahm. Der Gefrierpunkt, welcher vor 15 Minuten in 1134 m gefunden worden war, wurde nun erst in etwa 1230 m Höhe, also fast 100 m höher angetroffen. Auch für die zwischen 1000 und 1200 m liegende Luftschicht ist deshalb ein lebhafter verticaler Luftwechsel anzunehmen. In der darüberliegenden bis 1330 m Höhe untersuchten Luftschicht scheinen stabilere Verhältnisse geherrscht zu haben; die Temperaturabnahme betrug etwa 0.6° pro 100 m.

Die wenigen beim Abstiege des Ballons angestellten Beobachtungen, was den Schwierigkeiten mit noch nicht erprobten Vorrichtungen zur Verpackung der Instrumente, sowie der durch die Nähe des Stettiner Haffs gebotenen schleunigen Landung zur Last fällt, ergeben denselben Werth von 0.6° Temperaturzunahme pro 100 m. Dagegen betrug der Temperaturunterschied zwischen dem höchsten Punkte der Fahrt in 1330 m Höhe um 1h 2m p und dem gleichzeitig in Stettin abgelesenen Werthe nur 4.8°, entsprechend einer Abnahme von 0.37° pro 100 m Höhenänderung. —

Die vorliegende Erörterung der vom Ballon angetroffenen Temperaturverhältnisse ist aus dem Grunde etwas eingehender und ausführlicher erfolgt, weil einerseits die interessanten, noch wenig bekannten Vorgänge des Luftaustausches zwischen Anticyklone und Depression hierzu aufforderten, anderseits aber, um gewissermassen als Beispiel für die Ausführbarkeit derartiger Untersuchungen von correcten Temperaturbeobachtungen zu dienen. Bei der in Folge der kurzdauernden Fahrt nicht allzugrossen Zahl der Beobachtungen liess sich ein solcher Versuch leicht anstellen, was selbstverständlich bei unseren späteren, oft Hunderte von Beobachtungen umfassenden langen Fahrten kaum ausführbar sein dürfte.

Zur Gewinnung einer Uebersicht über die Anordnung der Lufttemperaturen sind in folgender Tabelle (S. 50) die Beobachtungen noch für Stufen von je 100 m Höhe zusammengefasst und zu einem Mittelwerthe vereinigt worden.

Die Tabelle zeigt in ihren Mittelwerthen, dass ganz beträchtliche Temperatur-Schwankungen zwischen den benachbarten Höhenstufen vorkamen. Dass beim Steigen des Ballons principielle, aus der Construction des Apparates, oder auch dessen mangelnder Empfindlichkeit hervorgehende Fehler nicht eintreten, lehrt die Zusammenstellung der bei steigendem und fallendem Ballon resultirenden Mittel. In der Reihe „Mittel bei gleichmässiger Temperaturabnahme“ ist dargestellt worden, welche Temperatur jeder der betrachteten Höhenschichten zugekommen wäre, falls an Stelle der überaus unregelmässigen Temperaturvertheilung eine gleichmässige Abnahme von 0.35° pro 100 m zwischen der beim Aufstieg auf der Erdoberfläche herrschenden (4.0°) und der am höchsten Punkte der Flugbahn in



Beobachtungen der Lufttemperatur nach Höhenstufen zusammengefasst.

Die Beobachtungen bei *fallendem* Ballon sind durch * gekennzeichnet.

Höhenstufen.	3—400 m	4—500 m	5—600 m	6—700 m	7—800 m	8—900 m	9—1000 m	10—1100 m	11—1200 m	12—1300 m	13—1400 m
	2.8	4.4	3.0	3.5	3.0	2.2	1.6	1.0*	0.0	0.2	— 0.6
	2.4*	3.9*	3.0*	3.4	2.7*	2.7	1.8	1.2*	2.2*	— 0.2	
					2.8*	1.8	1.8		1.8*	0.1*	
						2.0*	1.8			0.4*	
						3.6	1.3			0.4*	
						2.8*	2.0				
						3.2	2.2*				
						1.8*					
Mittel	2.6	4.2	3.0	3.4	2.8	2.5	1.8	1.1	1.3	0.2	— 0.6
— beim Fallen . .	2.4	3.9	3.0		2.8	2.2	2.2	1.1	2.0	0.3	
— beim Steigen .	2.8	4.4	3.0	3.4	3.0	2.7	1.7		0.0	0.0	— 0.6
— bei gleichmässiger Temperaabnahme	2.8	2.5	2.2	1.7	1.4	1.1	0.7	0.4	0.0	— 0.3	
Abweichung . . .	—0.2	+1.7	+0.8	+1.7	+1.4	+1.4	+1.1	+0.7	+1.3	+0.5	

1330 m beobachteten Temperatur (— 0.6°) stattgefunden hätte. Die in der untersten Reihe stehenden Zahlen geben die Abweichung der beobachteten von den zu erwartenden Werthen an. Demnach war nur in der untersten Schicht zwischen 3 und 400 m die Temperatur um ein Geringes zu niedrig, sonst aber überall zu hoch, wobei sich besonders die Höhenstufen zwischen 400—500 m, sowie die zwischen 600—1000 m und die zwischen 1100 und 1200 m gelegenen auszeichneten.

Die schon oben erwähnte Schlussfolgerung, dass die Ballonbahn in einer aus der Anticyklone stammenden dynamisch erwärmten Luftschicht verlaufen sei, welche mit ihren Nachbarschichten, besonders der oberhalb gelegenen, einen lebhaften verticalen Luftaustausch unterhielt, gewinnt durch diese Darstellung weitere Stützen.

Dass die in Spalte 20 der Haupttabelle wiedergegebenen Werthe der Temperaturänderung mit der Höhe erhebliche Schwankungen zeigen würden, obwohl dieselben auf die gleichzeitig am Erdboden herrschende Temperatur bezogen sind, war nach dem oben Gesagten zu erwarten.

Die „Potentiellen Temperaturen“ in Spalte 21 zeigen überall beträchtliche positive Unterschiede gegen die wirklich beobachtete Lufttemperatur an der Erdoberfläche unterhalb der Ballon-Flugbahn und charakterisiren hierdurch die dem adiabatischen Verhalten gegenüber äusserst langsame Temperaturabnahme der anticyklonalen Wetterlage.

Spalte 22 und 23 enthalten die Angaben der beobachteten Dampfspannungen und deren Aenderungen mit der Höhe. Die Dampf-

spannung, welche an der Erdoberfläche bei der Abfahrt 4.0 mm betrug, und während der nächsten Stunden unterhalb der Ballonbahn bis 4.4 mm zunahm, war in den vom Ballon durchschnittenen Schichten überall erheblich geringer; ihren höchsten Werth, 3,1 mm, erreichte sie in der Höhe von 379 m, welche nach dem oben Gesagten der Schicht dunstiger Rauchwolken über Berlin entsprach. Oberhalb derselben nahm sie in unregelmässiger Weise ab und erreichte in der grössten Ballonhöhe ihr Minimum von 1.2 mm.

In nachfolgender Tabelle sind die Beobachtungen abermals nach Höhenstufen zusammengefasst und die bei fallendem Ballon gekennzeichnet worden. Während bis zur Höhe von 700 m die Abnahme eine gleichmässige ist, tritt besonders zwischen 700 und 900 m, sowie zwischen 1000 und 1300 m, den Regionen lebhaften Luftaustausches, Zunahme ein. Ein principielles Verhalten bei fallendem und bei steigendem Ballon ist nicht erkennbar.

Beobachtungen der Dampfspannung nach Höhenstufen zusammengefasst.
Die Beobachtungen bei fallendem Ballon sind durch * gekennzeichnet.

Höhenstufen.	3—400 m	4—500 m	5—600 m	6—700 m	7—800 m	8—900 m	9—1000 m	10—1100 m	11—1200 m	12—1300 m	13—1400 m
	2.8	2.6	2.4	2.1	2.4	2.4	2.3	1.9*	2.0	1.8	1.2
	3.1*	2.8	2.6	2.2	2.5*	2.3	2.1	1.9	2.2*	1.7	
					2.5	2.4	2.2		1.9	1.8*	
						2.3*	2.1			1.9*	
						2.6	2.0			2.0*	
						2.5*	2.0				
						2.7	1.9*				
						2.0*					
Mittel	2.9	2.7	2.5	2.2	2.5	2.4	2.1	1.9	2.0	1.8	1.2
— beim Fallen . . .	3.1				2.5	2.3	1.9	1.9	2.2	1.9	
— beim Steigen . .	2.8	2.7	2.5	2.2	2.5	2.5	2.1	1.9	2.0	1.8	1.2

Ein analoges Verhalten zeigen die Beobachtungen der Relativen Feuchtigkeit in Spalte 24. Am Erdboden beträgt dieselbe bei der Abfahrt 65% und nimmt, ohne die gewöhnliche tägliche Periode erkennen zu lassen, mit der Annäherung an die Depression bis auf 71% zu. In den vom Ballon durchschnittenen Luftschichten ist dieselbe im Allgemeinen erheblich geringer, am grössten, 57%, in der bei 380 m liegenden Dunstschicht, am kleinsten in der höchsten erreichten Luftschicht von 1330 m = 26%.

Den hohen Lufttemperaturen entsprechen überall geringere relative Feuchtigkeiten, was weiter auf ein Niedersinken der Luftmassen schliessen lässt. Nach Höhenstufen angeordnet, wie in folgender Tabelle, heben sich abermals die Regionen lebhaften Luftaustausches deutlich hervor. Ein Einfluss des Steigens oder Fallens ist nicht erkennbar.



Beobachtungen der Relativen Feuchtigkeit nach Höhenstufen zusammengefasst.
Die Beobachtungen bei fallendem Ballon sind durch * gekennzeichnet.

Höhenstufen.	3—400 m	4—500 m	5—600 m	6—700 m	7—800 m	8—900 m	9—1000 m	10—1100 m	11—1200 m	12—1300 m	13—1400 m
	50	42	41	36	42	45	44	37*	42	39	26
	57*	46	45	37	44*	42	39	38	41*	37	
					44	45	42		36	39*	
						44*	39			38*	
						45	40			42*	
						45*	37				
						48	35*				
						39*					
Mittel	53	44	43	37	43	44	39	37	40	39	
— beim Fallen . . .	57				44	43	35	37	41	40	
— beim Steigen . .	50	44	43	37	43	46	40	38	39	38	26

Der in Spalte 25 wiedergegebenen Beobachtungen der Strahlungs-Intensität fehlen leider die Beziehungen zur Erdoberfläche. Im Allgemeinen sind die Differenzen des Schwarzkugelthermometers gegen die gleichzeitigen Lufttemperaturen nicht von besonderer Grösse; sie erreichen ihr Maximum mit 25.7° in 940 m Höhe um 11^h 50^m a. m. Das Vorhandensein einer dünnen Cirrostratusdecke ist ohne Zweifel der Hauptgrund für die Geringfügigkeit der Strahlungsintensität; die Verdichtung derselben im zweiten Theile der Fahrt erniedrigt erheblich die Angaben des Instrumentes trotz grösserer Höhe.

Ueber die Richtung der Ballonbewegung als Ausdruck der Windrichtung ist das Wesentlichste oben schon ausgeführt. Die im Allgemeinen mit zunehmender Höhe erfolgende Abbiegung nach rechts und Annäherung an die Isobaren entspricht dem bekannten Gesetze, welches auf der Abnahme der Reibung beruht. Unerklärt bleibt die auffällige kurze Linksschwankung des Ballons in 800 m Höhe um 11^h 10^m a bis 11^h 18^m a. welche bei schnellem Aufsteigen stattfand. Man hätte hier eher eine Rechtsabbiegung erwarten sollen, zumal die gleichzeitigen Temperaturverhältnisse einen niedersinkenden Luftstrom zu dieser Zeit vermuthen lassen. Die Bewegungs-Richtung der höheren, vom Ballon nicht erreichten Luftschichten war ohne Zweifel, wie die Cirrusbeobachtungen erkennen liessen, eine westliche bis westnordwestliche, erfolgte daher senkrecht gegen die der untersten Schicht. Erblicken wir in ersterer, wie üblich, die aus der Depression in der Höhe ausströmende Luft, in der letzteren die aus der Anticyklone in den tieferen Schichten stammende, so werden die Vorgänge verticalen Luftaustausches zwischen den beiden Schichten auch gewisse Aenderungen in den Strömungsrichtungen hervorrufen müssen.

Die Geschwindigkeit der Fortbewegung des Ballons schwankte, wie aus Spalte 27 hervorgeht, in den verschiedenen Theilen der Bahn nicht unbeträchtlich, ohne dass deutliche Beziehungen zu der Grösse des Gradienten an der Erdoberfläche erkennbar wären.

Nach Höhenschichten geordnet, wurde beobachtet

	Wind-Geschwindigkeit in m. p. s.
in 400— 650 m Höhe	15.2
650 — 800	13.0
850—1040	10.1, 13.9, 11.9
1040—1220	8.9
1220—1240	12.9
1240—1330	12.7

Hiernach fand im Allgemeinen eine Abnahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe bis zur Grenze von etwa 1200 m statt, darüber hinaus schien aber eine Zunahme einzusetzen. Die im Obigen schon wiederholt hervorgehobene Schicht von 800 — 1000 m Höhe zeigte auch hier insofern ein abnormes Verhalten, als die in ihr angetroffenen Windgeschwindigkeiten nicht unbeträchtlich von einander abweichen.

Da die Erklärung der wechselnden Windstärke, welche wir „Böen" nennen, wohl schwerlich auf das Auftreten analoger kurzer Schwankungen in der Grösse des horizontalen Gradienten gestützt werden kann, bleibt kaum ein anderer Grund für deren Zustandekommen übrig, als die Annahme verticalen Luftaustausches zwischen zwei mit verschiedener Geschwindigkeit über einander strömenden Luftschichten. Das Zusammenfallen der Schichten solchen Luftaustausches mit denen wechselnder Windstärke macht einen Zusammenhang nicht unwahrscheinlich.

Die Angaben der Spalten 28 bis 31 erheischen eine etwas eingehendere Betrachtung im Vergleich mit den an der Erdoberfläche angestellten Beobachtungen.

Bei der Auffahrt des Ballons in Schöneberg, welches im SSW der Stadt Berlin, also bei dem herrschenden SSW-Winde an deren Luvseite gelegen ist, wurden ausschliesslich verwaschene, sogenannte „falsche" Cirren wahrgenommen, deren Höhe man auf 3—4000 m schätzte. Von tieferliegenden cumulusartigen Gebilden war keine Spur zu bemerken, bis der Ballon die Höhe von 400 m erreicht hatte und über dem nördlichen Theile Berlins, entsprechend dessen Leeseite, hinfortzog. Hier bemerkte man von oben her die cumulusartig aufgetriebenen graulichen Dunst- und Rauchmassen, welche etwa bis nach Blankenburg hin eine leichte Trübung der Atmosphäre nach der Erde zu bewirkten, nirgends aber den Eindruck einer Wolkendecke machten.

Vergleichen wir hiermit die gleichzeitigen Aufzeichnungen der in Frage kommenden Stationen, so finden wir Folgendes:

Beobachtungsort.	$10^1/_2$ a	11 a	$11^1/_2$ a	12 a	$12^1/_2$ p	1 p
Schöneberg	1° Cirri	1° Cirri	1° Cirri	2° Cirri	2° Cirri	2° Cirri
Berlin N., Invalidenstr. .	4° Str. cum	5° Str. cum	7' Str. cum	6' Str. cum	6' Altocum.	7° Altocum.
Blankenburg					8'	8'
Eberswalde	1	?	?	?	?	7
Stettin				5° Cirri	6° Cirri	7° Cirri

Hieraus erhellt zunächst die eigenthümliche Thatsache, dass im Norden von Berlin (Invalidenstr.) und nordöstlich von der Stadt in etwa 9 km Entfernung die Bewölkung eine wesentlich andere war als im Südsüdwesten derselben. Der über der Stadt schwebende Rauch und Dunst hatte das Aussehen einer wirklichen, aus Stratocumulus bestehenden Wolkendecke. In weiterer Entfernung von Berlin, wie in Eberswalde, war die Himmelsbedeckung zu derselben Zeit nur eine geringe, sodass man nicht anders kann, als die im Lee der Stadt beobachtete Wolkendecke als eine rein örtliche, der Stadt selbst angehörige anzusehen.

Während der Fahrt des Ballons wurde weder unter uns, noch über uns etwas von cumulusartigen Wolken bemerkt, dagegen nahmen die Cirrostratusbildungen über uns an Dichte erheblich zu, welche den Sonnenschein bald schwächten und durch einen leichten, in etwa 2000 m Höhe schwebenden Stratus verwaschene Formen erhielten. Nach NW zu zeigte sich eine streifige Dunstschicht, welche das Aussehen einer niedrigen, weit ausgebreiteten Stratuswolke hatte und an Dichtigkeit schnell zunahm. Es war dies, wie die Wetterkarten ergeben, die der heranrückenden Depression vorangehende Regenwolke. Um 12 Uhr wurde in 970 m Höhe das noch etwa 90 km entfernte Stettiner Haff deutlich sichtbar, über welchem eine rauchige Dunstwolke zu liegen schien. Da das Haff noch eine geschlossene Eisdecke hatte, konnte dieser Dunst nicht ein Produkt des Haffs selbst sein, sondern gehörte wahrscheinlich dem Wolkengebiete der Depression an. Nach Beendigung der Ballonfahrt wurden in Stettin wogenartige Anordnungen der Cirren beobachtet, welche aus zwei gekreuzten Systemen bestanden, deren unteres mit der Windrichtung in etwa 1000 m Höhe zusammenfiel, während das höhere der Richtung des Cirrenzuges entsprach. Die Wogenkämme des unteren erstreckten sich also von WNW nach SSE, die des oberen von N nach S.

Die vorstehend in ihren Ergebnissen erläuterte wissenschaftliche Ballonfahrt vom 30. Januar 1891 war die erste, welche mit dem neuen, eigens für diesen Zweck construirten dreifachen Aspirations-Psychrometer unternommen worden ist. Die am 23. Juni 1888 von den Herren von Sigsfeld und Dr. Kremser ausgeführte Auffahrt mit dem Ballon „Herder"*) ist, ob-

*) Kremser: Meteorologische Ergebnisse der Fahrt des Ballons „Herder" vom 23. Juni 1888. Dies. Zeitschr. 1890. p. 73 und 115.

wohl sie ohne Zweifel als die erste Erprobung des Aspirationspsychrometers im Ballon bezeichnet werden muss, aus dem Grunde nicht in aller Strenge zu Vergleichungen instrumentellen Inhalts heranzuziehen, weil der hierbei benutzte Apparat noch nicht diejenigen Eigenschaften hatte, welche bei ihm hauptsächlich sein jetziges sicheres Functioniren gewährleisten.

So erscheint es denn geradezu unerlässlich, die bei dieser zum grossen Theile noch als eine „orientirende“ anzusehenden Fahrt mit den Instrumenten gemachten Erfahrungen genauer zu erörtern.

Wenn man bedenkt, dass Glaisher bei seinen berühmten Auffahrten seine Instrumente inmitten des Ballonkorbes auf einer seinen Unterkörper kreuzenden Tischplatte aufgestellt und dort beobachtet hatte*), dass man später, besonders bei den Auffahrten französischer Gelehrter, die Thermometer an dem Korbrande oder auch an dem Ringe befestigte, weiterhin aber zur Verwendung des ausserhalb des Korbes durch die Luft geschwungenen Schleuderthermometers schritt, so hat man darin den Ausdruck für das Bestreben zu erkennen, die Beobachtungen mehr und mehr frei zu machen von den Fehlerquellen, welche daraus hervorgehen, dass der Ballonkorb und alle in ihm befindlichen Gegenstände unter dem Einflusse der beträchtlichen Strahlungsintensität sich erheblich höher erwärmen, als die Luft, sowie dass die Körperwärme der Korbinsassen selbst nicht ohne Einfluss auf die Thermometer bleiben kann. Die Methode des „Schleuderns“ sollte ausserdem den Einfluss der direkten Sonnenstrahlung auf die Thermometer beseitigen. von Sigsfeld war der Erste, welcher die Nothwendigkeit erkannte, zur Vermeidung der genannten Fehlerquellen die Thermometer vom Ballonkorbe nahezu gänzlich loszulösen. Er ging sogar darin noch weiter, indem er bei der genannten Fahrt des „Herder“ den interessanten Versuch anstellte, ob auch der Ballon selbst durch Ausströmen seines weit über die Lufttemperatur erwärmten Gases, oder durch beim Steigen erfolgendes mechanisches Mitzerren von Luft aus tieferen und abweichend temperirten Schichten einen Einfluss auf die unter ihm in etwa 2 m vom Korbrande aufgehängten Thermometer ausübe. Deshalb wurde bei dieser Fahrt mittels eines Fernrohres ein zweites Aspirationspsychrometer beobachtet, welches an einer 11 m langen Stange ausserhalb des Korbes, 4 m ausserhalb des Ballonumfanges befestigt war. Das Ergebniss dieser Untersuchung war ein günstiges insofern, als keine nennenswerthen Unterschiede gegen das in 2 m Entfernung angebrachte Instrument gefunden wurden.

Die Anbringung der Thermometer ausserhalb des Korbes und in nicht zu geringer Entfernung von demselben war nun als unerlässliche Bedingung anerkannt worden. Spätere Versuche mit einem gleichzeitig beobachteten Schleuderthermometer, welches Instrument die Franzosen und Amerikaner

---

*) s. diese Abhandlungen p. 10.

unbegreiflicherweise auch heute noch verwenden, haben weiter noch die absolute Unzuverlässigkeit dieser Methode bewiesen, wenigstens für Jeden, welcher nicht absichtlich deren Fehler übersieht.

So musste das vom Verfasser bei der oben beschriebenen Ballonfahrt vom 30. Januar 1891 angewandte Verfahren der Thermometer-Anbringung an einer den Korbrand um 1,5 m überragenden Stange durchaus genügend erscheinen, um die genannten Beeinflussungen seitens des Korbes auszuschliessen.

Wie schon oben erwähnt, zeigte sich aber bei dieser Fahrt ein deutlicher Einfluss, sobald das Thermometer zum Zwecke der Ablesung auf etwa 30 cm dem Korbrande genähert wurde, was dann besonders in die Augen fiel, wenn die entsprechende Korbwandung von der Sonne bestrahlt wurde. Aus diesem Grunde musste eine ganze Reihe von Ablesungen, welche im ersten Theile der Fahrt angestellt worden waren, verworfen worden, bis es gelang, durch möglichst weites Hinausbiegen des Oberkörpers die Ablesungen in wenigstens 50—60 cm Entfernung vom Korbrande auszuführen und bis festgestellt werden konnte, dass in dieser Stellung ein nennenswerther Einfluss nicht mehr zu bemerken war. Trotzdem wurde diese Wahrnehmung der Grund dafür, das bei allen folgenden Auffahrten von einer Annäherung der Thermometer an den Korb zum Zwecke der Ablesung gänzlich Abstand genommen, und an deren Stelle die Fernrohr-Ablesung principiell eingeführt wurde. Es ist nicht zu bezweifeln, dass gerade das Aspirationsthermometer, wie überhaupt, so auch in dieser Beziehung erheblich empfindlicher ist, als jedes andere Instrument, da es vermöge seiner Aspirationsvorrichtung bis auf eine gewisse Entfernung hin die benachbarten Luftmassen ansaugt und somit deren besondere thermische Eigenschaften den Thermometern zuführt. Anderseits ist die gesteigerte Empfindlichkeit dieses Apparates bei den oft ausserordentlich schnellen Temperatur-Aenderungen eines auf- oder absteigenden Ballons von der grössten Bedeutung, sodass man gern die verhältnissmässig geringe Unbequemlichkeit der Fernrohrablesungen in den Kauf nimmt.

Von gleicher, wenn nicht von noch erheblich grösserer Wichtigkeit ist die Unterhaltung einer permanenten Aspiration des Instrumentes, welche gestattet, Ablesungen desselben in jedem beliebigen Augenblick vornehmen zu können. Wie wir in unseren früheren Besprechungen näher aus einandergesetzt haben, (s. Zeitschrift für Luftschiffahrt 1890 p. 35) ist jede Unterbrechung des correcten Standes der Thermometer aus dem Grunde zu vermeiden, weil man bei den häufigen und schnellen Aenderungen kaum mit Sicherheit den Augenblick der wieder erfolgten „Einstellung" erkennen kann. Wasbei dem „feuchten" Thermometer des Psychometers durch das Benetzen des Musselins mit Wasser geschieht, vollzieht sich bei dem trocknen Thermometer durch eine Unterbrechung der Aspiration, welche sofort die Wärmestrahlung der Sonne in volle Wirksamkeit treten lässt.

Aus diesem Grunde erschien mir eine Einrichtung höchst wünschenswerth, welche es ermöglichte, das Laufwerk des Aspirators vom Korbe aus fortgesetzt „aufziehen" zu können, ohne den Apparat selbst heranholen zu müssen. Die bei den späteren Fahrten stets zur Anwendung gelangte Anbringung eines zusammenschiebbaren Hugh'schen Schlüssels von etwa 2 m Länge erfüllte den genannten Zweck vollkommen, sodass allein behufs der Befeuchtung des Musselins ein Heranziehen des Apparates erforderlich wurde.

Abgesehen von der Wichtigkeit der sorgfältigen Berücksichtigung aller die Sicherheit der Beobachtungen fördernden oder hindernden Momente erscheint aber die folgende Auseinandersetzung noch aus einem anderen Grunde nothwendig.

In meinen „Vorbemerkungen" zu der vorliegenden Sammlung von Abhandlungen, welche unter dem Titel „Neue Untersuchungen über die physikalischen Verhältnisse der Atmosphäre mittels des Luftballons" zu erscheinen begonnen hat, sagte ich auf p. 4 Folgendes: „Weiterhin sollen aber auch auf Wunsch Abhandlungen über solche Untersuchungen Aufnahme finden, welche von anderen Fachmännern angestellt worden sind, falls die Grundbedingungen unseres Programms erfüllt werden. Und diese sind: 1. Verwendung gleichartiger, oder doch solcher Beobachtungsmethoden, welche eine volle Gewähr der absoluten Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse bieten."

Da mir die inzwischen seit meiner ersten Auffahrt bei späteren Gelegenheiten gesammelten reichen Erfahrungen gezeigt haben, dass die strenge Aufrechterhaltung dieser Bedingung unmittelbar über den Werth oder den Unwerth unserer ganzen Forscherarbeit entscheidet, so erfülle ich nur eine, zwar wenig angenehme Pflicht, wenn ich erkläre, dass alle mir bisher bekannt gewordenen Abweichungen von dem bei unseren Experimenten wohl erprobten Methoden in der Aufstellung und Bedienung der Apparate nicht unter diejenigen gehören, „welche eine volle Gewähr der absoluten Zuverlässigkeit ihrer Ergebnisse bieten."

Hierunter begreife ich in erster Linie alle diejenigen, nebenbei völlig unmotivirten und nutzlosen Aenderungen im Gebrauche des Aspirationspsychrometers, welche an Stelle der durch das Laufwerk leicht zu erreichenden permanenten Aspiration die durch fortgesetzte Compression eines Gummigebläses erzeugte setzten. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die ununterbrochene Bedienung dieses Injector-Gebläses für längere Zeiträume einfach unausführbar ist wegen der unvermeidlichen Ermüdung, welche mit der Compression der Gummibirne verknüpft ist. Ausserdem ist der diese Arbeit Ausführende nicht im Stande, ausser derselben noch irgend eine andere Thätigkeit auszuüben. In allen Fällen, wo der Beobachter auch die Bedienung des Gebläses auszuführen hat, wird entweder die Aspiration bei jeder Notirung einer Ablesung längere Zeit unterbrochen, oder die Ablesung erfolgt ohne die erforderliche Sorgfalt.



Ferner aber muss jede Beobachtung eines Aspirationsthermometers, bei welcher eine Annäherung dieses Instrumentes bis auf etwa 30—40 cm an die Korbwand des Ballons nöthig ist, als unsicher angesehen werden, da die hierdurch erwachsenden Fehler in ihrem Ausmaasse schwankend und uncontrollirbar sind, je nachdem die betreffende Korbwand besonnt ist, oder im Schatten des Korbes oder des Ballons weilt.

Unbegreiflicherweise hat man aber versucht, den Ausweg zu wählen, durch Sistirung der Aspiration bei der Annäherung des Thermometers „das Einsaugen von warmer Luft aus der Nähe des Korbes zu vermeiden", ohne zu bedenken, dass man einen, wie wir oben gesehen haben, durch besondere Vorsichtsmassregeln vermeidbaren relativ kleinen Fehler ersetzt durch einen viel grösseren und völlig uncontrollirbaren. Man möge in dieser Abwehr nicht einen unberechtigten Eigensinn des Erfinders oder Constructeurs sehen! Jede der Sache zum Vortheil gereichende Verbesserung der vorgeschlagenen und ausgeführten Beobachtungsmethoden würde mit Freuden acceptirt und ausgeführt werden, aber jede unmotivirte Verschlechterung des vorhandenen Instrumentariums muss zurückgewiesen und die mittels solcher Apparate gewonnenen Resultate müssen als ungleichwerthig von der wissenschaftlichen Mitwirkung rücksichtslos ausgeschlossen werden. Das Gleiche gilt von den mehr mit allerlei Spitzfindigkeiten als mit Anerkennung der thatsächlichen Beobachtungen vertheidigten unklaren Ansichten des Herrn Allen Hazen über den Werth des Schleuderpsychrometers im Ballon. Ohne den bei den betreffenden Ballonfahrten ermittelten, demnächst zu veröffentlichenden Beweisen für die Unzuverlässigkeit dieses Instrumentes vorgreifen zu wollen, müssen wir doch die Ausschliessung der auf diese Weise gewonnenen Werthe aus unserer Sammlung unbedingt verlangen.

Wenn wir in unserem Artikel „die Erfordernisse einer Ballonfahrt zu wissenschaftlichen Zwecken" auf p. 22 dieser Abhandlungen die „Gleichzeitigkeit der Hauptbeobachtungen" als besonders wichtig betont haben, so haben wir doch nicht voraussehen können, dass dieses Postulat Veranlassung geben könnte zur Construction eines wesentlich hierauf basirten complicirten Apparates. Wir sind uns dessen sehr wohl bewusst, dass kein Registrirapparat, und sei er noch so zuverlässig, die Stelle von directen Ablesungen einnehmen könne; aber ebenso sind wir von der Nutzlosigkeit eines Apparates überzeugt, welcher an die Stelle von unschwer auszuführenden streng gleichzeitigen Ablesungen eine Registrirung setzt, welche viel umständlicher, zeitraubender und weniger gleichzeitig ist. Wie wir am angeführten Orte auseinandergesetzt haben, ist die Ablesung des Barometer- und Thermometerstandes bei Abgabe eines Zeitsignals von zwei Personen, — und diese sind doch wohl stets im Ballonkorbe zusammen — mit der Genauigkeit einer, allerhöchstens von zwei Secunden stets zu erreichen, falls nur die nöthige Einübung der Beobachter vorhanden ist. Setzt man aber an Stelle dieses wahrhaft einfachen Verfahrens ein solches,

welches auf photographischem Wege, nicht etwa selbstthätig, sondern unter steter Mitwirkung einer Person, welche den Apparat bedient, eine Registrirung dieser Elemente bewirken soll und hierbei zur Exposition 12—15 Secunden, also 1/4 Minute Zeit verbraucht, so muss dies als eine erhebliche Verschlechterung der Beobachtungen erscheinen. Ohne Zweifel müssen Beobachtungen, welche einer Viertelminute Zeit zu ihrer Fixirung bedürfen, als „nicht gleichzeitig“ angesehen werden. Steigt z. B., was nicht selten eintritt, ein Ballon in einer Minute um 200 m, so kann sich der Stand des Thermometers während einer Viertelminute um 0.5°, unter besonderen Verhältnissen auch um den doppelten Betrag ändern, während die „photographische Fixirung der Instrumentenstände“ allenfalls einen Mittelwerth dieser Aenderung andeutet.

Bei den Thermometern wird auf diese Weise nicht einmal ein Mittelwerth, sondern nur der höchste Stand in diesem Zeitintervalle gewonnen, da bei einem Fallen des Instrumentes das vorher erzeugte Abbild des höheren Standes nicht etwa überdeckt wird, wie beim Steigen, sondern bestehen bleibt; hierin müssen wir einen bedenklichen principiellen Fehler der Methode erblicken.

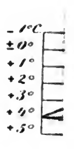
Um derartige, bis auf 1/4 Minute in allen einzelnen Theilen „ungleichzeitige“ Beobachtungen anzustellen, bedarf man aber keines complicirten „Registrirapparates,“ sondern nur einer sehr schlecht ausgeführten Ocularablesung. Meint man aber wirklich, wie dies geschehen ist, dass „schneller als in Pausen von zwei Minuten aufeinanderfolgende Aufnahmen wenig Werth haben, da die Instrumente grösseren Aenderungen des Druckes und der Temperatur in so kurzer Zeit nicht genügend folgen,“ so bedeutet dies nach unserem obigen Beispiele, dass für eine derartige „Verbesserung“ der Beobachtungen Höhenänderungen von 400 m, entsprechend Barometeränderungen von 30—35 mm, und Temperaturänderungen von 4° und mehr von dem Apparate nicht genügend wiedergegeben werden sollen.

Wird nun aber ein solcher complicirter und unzuverlässiger Apparat noch derartig placirt, dass man die aspirirte Luft in etwa 30—40 cm Entfernung vom oberen Korbrande entnimmt, und erfolgt die Aspiration selbst in so ungenügendem Maasse, dass das „befeuchtete Thermometer in Folge seiner etwas grossen Masse und in Folge des zu engen Zwischenraumes zwischen dem musselinbekleideten „schraubenförmigen“ (!) Quecksilbergefässe und der benachbarten Metallhülse nicht auf den richtigen Stand hinab abgekühlt wird,“ sodass zu der wissenschaftlichen Verwerthung seiner Registrirungen willkürlich berechnete Correctionen von im Mittel — 0,5° — die Extreme schwanken zwischen — 1.0° und — 0.1° — angebracht werden müssen, so bleibt abermals nichts weiter übrig, als solche „Registrirungen“ aus der Reihe der zuverlässigen Beobachtungen zu verweisen.

Ich kann diesen, wahrlich nur mit innerem Widerstreben veröffentlichten Theil der obigen Arbeit nicht schliessen, ohne dem Gefühle des

Bedauerns Ausdruck zu geben, dass sich trotz wiederholter von hier ausgegangener Bemühungen eine gemeinschaftliche Zusammenarbeit nach völlig gleichwerthigen Beobachtungsmethoden unter den verschiedenen dem gleichen Ziele zustrebenden Forschern nicht hat erreichen lassen. Die Verantwortung für diese wahrhaft beklagenswerthe, ausserdem völlig unmotivirte Schmälerung des doch gewiss nicht überreichen Materiales trägt, wie wir noch ausdrücklich constatiren wollen, weder der Verfasser dieser Zeilen, noch der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt!"





Höhe 20 fach übertrieben.

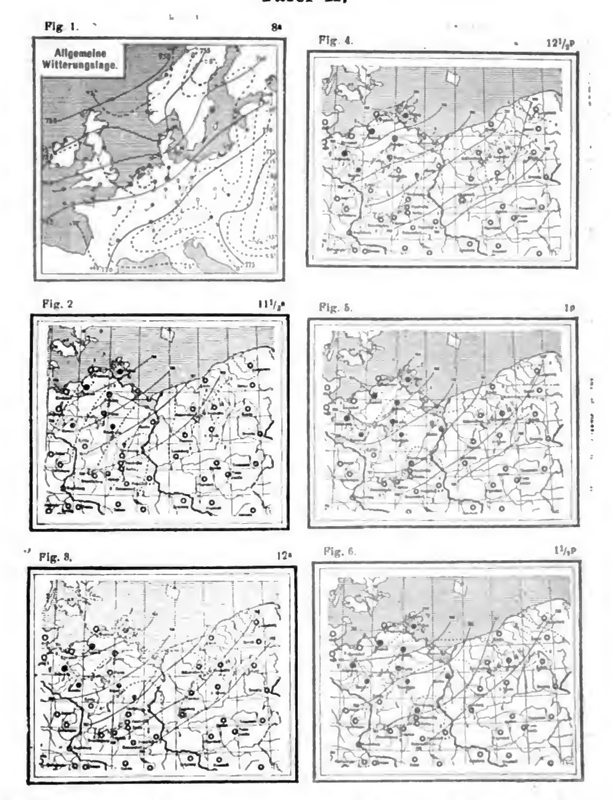
m 1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
m. 0

Vm. 10

Abfahrt

Schöneberg

Tafel II.



Witterungsverhältnisse bei der ersten Fahrt des Ballons „M.W.“ am 30. Januar 1891



Die erste Fahrt des „Humboldt".

1. Vorbereitungen und allgemeine Fahrtbeschreibung.

Von Premierlieutenant **Gross.**

Während in der zweiten Hälfte des Jahres 1892 an den einzelnen Theilen des Ballons in Hannover, Sagan und Berlin emsig gearbeitet wurde, um mit den Auffahrten mit Anbruch des neuen Jahres beginnen zu können, wurden in Berlin durch Professor Assmann und mich alle Vorbereitungen für die Aufbewahrung, Füllung und die Fahrten des Ballons getroffen.

Als Platz für die Füllungen und Aufstiege kamen zwei Grundstücke in Auswahl: es war dies unser alter Ballon-Platz an der Charlottenburger Gasanstalt, der uns von den Söhnen des leider inzwischen verstorbenen Geheimen Regierungsraths Werner v. Siemens bereitwilligst auch weiterhin zur Verfügung gestellt wurde, und ferner ein Grundstück der Direction der Berliner Stadt- und Ringbahn gehörig, dicht an der Englischen Gasanstalt zu Schöneberg. Nachdem Verhandlungen wegen Ueberlassung des letztgenannten Grundstücks an unausführbaren Forderungen gescheitert waren, entschieden wir uns für Beibehaltung unseres alten Ballonplatzes in Charlottenburg, obgleich das Gas der Schöneberger Gasanstalt ein geringeres specifisches Gewicht besitzt als das Charlottenburger, ein Factor, welcher eine um so grössere Rolle für uns spielte, als die Aussichten, ein besonders leichtes Ballon-Gas präpariren zu können, immer geringere geworden waren.

Wir beabsichtigten ursprünglich, um mit dem Ballon Höhen bis zu 8000 m erreichen zu können, nach Analogie des Verfahrens des englischen Luftschiffers Green das Leuchtgas zu decarburiren d. h. seiner schweren Bestandtheile zu berauben. Einer unserer ersten Gas-Techniker, Professor Bunte in Karlsruhe nahm sich dieser Frage mit dankenswerthem Eifer an und arbeitete ein Project eines Decarburirung-Ofens aus, mit Hülfe dessen ohne grosse Kosten und Schwierigkeiten ein Gas von 0,2 specifischem Gewicht sollte hergestellt werden können. Der Magistrat von Charlottenburg hatte uns in entgegenkommendster Weise für diesen Zweck einen ausser Dienst gestellten Gasbehälter der Städtischen Gasanstalt zur Verfügung gestellt. So schien diese wichtige Frage der Bereitung eines leichten Gases glücklich gelöst. Indessen stellte es sich sehr bald heraus, als wir bei der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actiengesellschaft dieses Project des Bunte'schen Ofens detaillirt bearbeiten und einen Kosten-Anschlag anfertigen liessen, dass dieser Ofen eine recht complicirte umfangreiche und nicht ungefährliche Fabrik-Anlage zu werden versprach, deren Baukosten 9000 Mk. betragen sollten und deren Bedienung und Instandhaltung dauernd mehrere speciell geübte Leute beansprucht hätte. Wir sahen uns aus

diesem Grunde leider genöthigt, von diesem sonst so verlockenden Projecte Abstand zu nehmen, und beschlossen, für besondere Hochfahrten eine Erleichterung des Gases durch Beimischung reinen Wasserstoffes zu erreichen. Verhandlungen mit der bekannten Gasfirma Pintsch zu Berlin wegen Erbauung eines eigenen Wasserstoffgas-Entwicklers scheiterten an den hohen Kosten der Gasbereitung auf nassem Wege (Zink- oder Eisenspähne mit verdünnter Schwefelsäure), auch lag die Gefahr bei diesem Verfahren nahe, dass der Ballon durch mitgerissene Säurereste angegriffen, oder auch die Korbinsassen durch Arsen-Wasserstoff vergiftet werden könnten, wenn nicht eine ganz gründliche Reinigung des Gases, welche viel Zeit, Mühe und Kosten verursacht, vorgenommen werden konnte.

Schliesslich wurde die Gasfrage durch das Entgegenkommen des Kriegs-Ministeriums und der Militair-Luftschiffer-Abtheilung zu aller Zufriedenheit dadurch gelöst, dass letztere reines Wasserstoffgas zu theilweisen Füllungen unseres Ballons zum Selbstkostenpreise herzugeben angewiesen wurde und sich hierzu bereit erklärte.

Eine weitere nicht minder wichtige Frage war die der Beschaffung eines geeigneten Unterkunft-Raumes für unser Ballonmaterial nebst allem Zubehör an der Füllstelle. Auch hier half uns in entgegenkommendster Weise das Kriegs-Ministerium, welches uns eine gerade disponible ältere Militair-Baracke von 20 m Länge und 9 m Breite zur Verfügung überliess. Wir kauften diese Baracke, liessen dieselbe wieder gebrauchsfähig und für unsere Zwecke geeignet machen und umbauen. Nachdem unsere schöne grosse Ballonhalle, welche uns Herr W. v. Siemens seiner Zeit erbaut hatte, gefallen war, da der Platz, auf dem sie stand, und von dem aus wir die ersten wissenschaftlichen Ballonfahrten mit dem „M. W." und dem „Meteor" unternommen hatten, durch den Neubau der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt beansprucht wurde, schlugen wir diese neue Baracke in unmittelbarer Nähe auf und verlegten unsere Füll- und Aufstiegstelle, die allerdings stark eingeengt wurde, dorthin.

In dieser Baracke richteten wir ein Zimmer für den aus Hamburg engagirten aëronautischen Assistenten Schrader ein, welches gleichzeitig zur Unterbringung der kostbaren Instrumente diente.

Vom 1. Februar ab wurde ich selbst durch Allerhöchste Cabinetsordre auf 6 Monate zur Ausführung der wissenschaftlicher Ballonfahrten vom Regiment abcommandirt und konnte mich nunmehr ausschliesslich diesem Unternehmen widmen. Ich reiste in den ersten Tagen des Februar nach Hannover, nahm dort die fertige Ballonhülle in Empfang und hatte gegen Ende des Monats noch den stattlichen Ballon mit allen seinen einzelnen Theilen und Zubehörstücken fertig montirt. Am 25. Februar konnte ich melden, dass der Ballon zur Fahrt klar liege; auch das Instrumentarium war fertig und stand wohl geprüft zur Benutzung bereit.

Die auf den 26. Februar angesetzte erste Fahrt des mit dem Namen „Humboldt" getauften Ballons wurde mit Freuden auf den 1. März ver-

schoben, nachdem uns auf unsere Meldung von dem Geheimen Civilcabinet mitgetheilt worden war, dass Se. Majestät der Kaiser einer Auffahrt am 1. März Höchstselbst beizuwohnen geruhen wolle. Wir benutzten die erübrigte Zeit, um die Spitzen der Militair- und Civilbehörden, sowie die Vertreter der Wissenschaft und sonstige Gönner unseres Unternehmens zu dem ersten Aufstiege einzuladen und dem Platze eine für eine so illustre Gesellschaft würdige Ausstattung zu verleihen. Am Tage vor dem Aufstiege wurde uns das Erscheinen der Allerhöchsten Herrschaften sicher zugesagt und die Abfahrt des Ballons auf $10^1/_2$ Uhr Vormittags bestimmt. So wurde denn der 1. März für den Deutschen Verein zur Förderung der Luftschiffahrt und für uns, die wir es übernommen haben, im Dienste der Wissenschaft in das zu erforschende Element selbst energisch einzudringen, ein Ehrentag allererster Ordnung. Was wir nur im Stillen zu hoffen gewagt hatten, dass Se. Majestät, dessen Gnade dieses werthvolle Unternehmen zu danken ist, dem ersten Aufstiege Höchstselbst beiwohnen würde, es ist zur Wirklichkeit geworden. Dieser erneute Allerhöchste Gnadenbeweis wird uns dauernd den Impuls verleihen, bei der Durchführung unseres mühevollen und gefahrreichen Unternehmens alle Kräfte einzusetzen, um uns des Allerhöchsten Vertrauens werth zu zeigen! —

Am Nachmittage des 28. Februar wurde der Ballon zur Füllung ausgelegt, die Füllung selbst, welche 4 Stunden voraussichtlich in Anspruch nehmen musste, wurde auf 5 Uhr Morgens des folgenden Tages festgesetzt. In der Nacht trat schlechtes Wetter ein, ein sehr starker Nordwind brachte Regen, sodass ich fürchtete, die Fahrt aufgeben zu müssen. Indessen flaute der Wind gegen Morgen ab, drehte nach Süd herum und verscheuchte die Regenwolken, sodass die Füllung zur befohlenen Stunde beginnen konnte. Um 9 Uhr Morgens stand der Ballon straff gefüllt und fertig montirt bereit, wir begannen ihn mit den zahlreichen Instrumenten und sonstigem Zubehör auszurüsten.

Ausser den eigentlichen wissenschaftlichen Instrumenten, über welche besonders berichtet werden soll, führten wir folgende Apparate mit uns: Eine Anschütz'sche Moment-Camera, an einer Korbleine in einer Klemme mit Kugelgelenk aufgehängt und mit Gelb-Scheiben-Blendung versehen zur Aufnahme von Wolkengebilden, einen Peil-Kompass und ein Doppelfernrohr. Die Generalstabskarte im Maasstabe 1 : 100000 vervollständigte die instrumentelle und aëronautische Ausrüstung. Pelze und Pelzstiefel zum Schutz gegen die Kälte in den höheren Luftschichten, sowie Wein und Fleisch für 24 Stunden wurden im Sitzkasten des Korbes untergebracht, auch wurde ein grosser weichgepolsteter Koffer aussen am Korbe angehängt, um vor der Landung die Instrumente schnell und sicher verpacken zu können.

Als um 10 Uhr Ihre Majestät die Kaiserin mit den drei ältesten Königlichen Prinzen und bald darauf Se. Majestät auf dem Platze erschienen, stand der „Humboldt“ zur Auffahrt bereit, nur noch von wenigen Menschen-

händen mit Mühe gehalten. Der Kaiser liess sich die beiden Mitfahrenden, Professor Dr. Assmann und Dr. Kremser vom Kgl. Meteorologischen Institut vorstellen, nahm meine Meldung entgegen und liess sich die einzelnen Theile des Ballons sowie auch die instrumentelle Ausrüstung auf das eingehendste erklären, während die Prinzen Pilot-Ballons steigen liessen. Um 10^{24} Uhr erhob sich der „Humboldt" von der Sonne bestrahlt mit kräftigem Auftriebe und entschwand bald, die Cumulus-Wolken durchbrechend, den Augen der nachblickenden hohen Herrschaften, die ihm mit einem grossen Fernrohre verfolgten. Während meine beiden Begleiter ihre Instrumente in Gang brachten, legte ich den Weg des Ballons auf der Generalstabskarte fest, so lange ich noch die Erde unter mir durch die Wolkenlücken erblicken konnte; ich constatirte rein nördlichen Curs, bald darauf schlossen sich die Wolken immer enger zusammen und nahmen uns den Blick auf die Erde. Nach einstündiger Fahrt lichteten sich die Wolken unter uns mehr und mehr, sie verschwanden schliesslich ganz am nordwestlichen Horizonte, als wir höher ansteigend unsern Curs immer mehr nach NO und schliesslich nach O änderten. Es gelang uns bald, die Orientirung wieder zu gewinnen, nachdem wir das Städtchen Liebenwalde am Einfluss des Finow-Canals in die Havel erkannt hatten.

Nach einiger Zeit hielten wir Kriegsrath, wie wir die weitere Fahrt gestalten wollten; der Ballon war noch kaum 2000 m hoch, am Horizonte erschien bereits wie ein Silberfaden glänzend die Ostsee, es galt also handeln, wenn wir die Kraft des Ballons ausnutzen wollten. Wir beschlossen so hoch zu steigen, als uns dies der Ballast-Vorrath gestatten würde. Sack für Sack wanderte zur Erde hinab, in wellenförmigen Sprüngen stieg der Humboldt auf über 4000 m Höhe. Wir begannen an den Beinen zu frieren — das Thermometer zeigte — 18° — und mussten die Pelzstiefel anziehen, während alle Theile unseres Körpers, die von den Sonnenstrahlen getroffen wurden, behaglich warm blieben. Es war dies auch erklärlich, zeigte doch das Schwarzkugelthermometer selbst in der grössten Höhe mehr als + 10° C. Wir brauchten die Nähe der Ostsee nicht mehr zu fürchten, nachdem wir in 4000 m Höhe reinen Westwind angetroffen hatten, der uns südlich von Stettin über die Oder nach Hinterpommern hineintrieb. Ein wunderbar schöner Anblick wurde uns in 4300 m Höhe schwebend zu Theil. Vor uns im Norden lag das Stettiner Haff, darüber hin die Inseln Usedom und Wollin, Swinemünde mit seinem Leuchtthurm nur wie ein Stecknadelknopf gross, dahinter die Ostsee bis Colberg hinauf noch vom Eise starrend. Auf der weit über ihre Ufer getretene Oder zogen Segelschiffe wie kleine Schwäne dahin. Jenseits erglänzten die grossen Pommerschen Seen, insbesondere der Madue-See.

Von 3 Uhr ab konnte ich die Neigung des Ballons zum Fallen nicht mehr hindern, da ich nur noch 3 Sack Ballast besass, mit denen ich den Fall aus dieser beträchtlichen Höhe pariren musste. Wie ein landender Vogel schwebte der Humboldt gravitätisch, nur etwa 100 m in der Minute

fallend, zur Erde hernieder. Die Instrumente wurden nun verpackt, Ankertau und Schleppgurt waren bereits vorher hinabgelassen. Ich hatte mir absichtlich kein Landungsterrain ausgesucht, da mir viel daran lag, die Wirkung meines Schleppgurtes zu erproben. Es gelang mir, in ca. 100 m Höhe den Ballon so in das Gleichgewicht zu bringen, dass er nun sein Schleppseil nach sich schleifend über der Erde dahinglitt, ohne sie zu berühren. So fuhren wir weiter über die Aecker, über einen Wald und ein Dorf, auf dessen Dächern der Schleppgurt eine eigenthümliche Musik verursachte; mit lautem Geschrei folgten uns die Menschen und jagten die Hunde hinter uns her. Nachdem ich mich von der Vorzüglichkeit der Wirkung des Schleppgurtes überzeugt hatte, beschloss ich die Landung dicht an einem kleinen Schlosse, welches in einem Parke liegend einladend erschien. Unmittelbar hinter dem parkartigen Walde angekommen liess ich den Anker gleiten und öffnete das grosse Landungs-Ventil. Der Anker fasste in dem weichen Ackerboden, der Korb setzte auf und schlug um, der Ballon war gefesselt. Leider trat jetzt ein ganz unvorhergesehener Unglücksfall ein. Als nämlich der Korb umkippte, nachdem der Ballon keine Tragkraft mehr besass und vom Winde etwas geschleudert wurde, brach sich Professor Assmann das rechte Bein dicht über dem Knöchel durch. Ob der Korb auf das vielleicht herausgestreckte Bein geschlagen, oder ob einer von uns anderen auf das Bein gefallen war, ich weiss es nicht zu sagen, an der traurigen Thatsache war nichts zu ändern. Wir schafften den Professor, der übrigens nicht einmal klagte, aus dem Korbe und betteten ihn zunächst auf die Pelze, die wir auf dem Acker ausbreiteten, bis ihn Dr. Kremser nach dem nahen Schlosse Wussow des Herrn v. Dewitz transportiren konnte. Ich selbst verpackte inzwischen den Ballon und als ich dann auf dem Gute erschien, war bereits das Bein des Professors eingegypst. Es war ein tragisches Geschick, dass gerade die erste Fahrt, die unter so glänzenden Umständen begonnen hatte, gleich mit einem Unglücksfall enden musste. Indessen das Unternehmen durfte hierunter nicht leiden, und bald schlossen sich auch die weiteren Fahrten an.

Der „Humboldt" hatte sich bei seiner Probefahrt gut bewährt, seine Gasdichtigkeit war vorzüglich, sein todtes Gewicht verhältnissmässig gering. Er konnte mit Charlottenburger Leuchtgas gefüllt 3 Personen mit allem Zubehör und Instrumenten pp. bequem auf fast 5000 m und, wie wir später sahen, 2 Personen auf über 6000 m heben. Für grössere Hochfahrten wird eine Erleichterung des Gases durch Mischung mit Wasserstoffgas erfolgen müssen. Wie jedes grosse Fahrzeug parirt auch der „Humboldt" nur langsam und auf grobe Hülfen, ich habe fast stets 20 Kgr. Ballast werfen müssen, um ihn zum Steigen zu zwingen. Das untere Ventil, welches das Eindringen von Luft in den Ballon beim Fallen verhindern soll, habe ich bei dieser ersten Fahrt nicht genügend erproben können, da einmal, wie aus der graphischen Darstellung ersichtlich ist, der Ballon überhaupt nur geringe Bewegungen nach unten gemacht hat, dann aber auch, weil



meine beiden Begleiter dieses Ventil mit einer Art Argwohn betrachteten, sobald ich es einmal schloss, um zu sehen, ob Spannung in dem Ballon vorhanden sei. Bei den späteren Fahrten hat es sich recht gut bewährt. Das grosse Landungsventil functionirte ausgezeichnet, der Ballon entleerte sich sehr schnell und bequem durch dasselbe. Das Manövrir-Ventil ist bei dieser Fahrt gar nicht zur Anwendung gekommen. Viel Mühe und Arbeit machte das Herablassen des Ankertaues und des Schleppgurtes trotz der Bremse, welche gut functionirte.

2) Meteorologische Ergebnisse.

Von Dr. **V. Kremser.**

Vorbemerkungen. Instrumente und deren Correctionen.

Die erste Fahrt des „Humboldt", deren allgemeinen Verlauf unser Ballonführer, Herr Premierlieutenant Gross soeben dargestellt hat, muss in mehrfacher Hinsicht noch als eine Probefahrt angesehen werden. Galt es doch, nicht nur den neuen Ballon mit seinen neuen aëronautischen Apparaten und Einrichtungen [1]) zu erproben, sondern auch das wissenschaftliche Instrumentarium, zum Theil wenigstens, unter fortgesetzter vorsichtiger Controlle zu halten.

Zwar war dasselbe nur wenig gegen die gewöhnliche Ausrüstung bei den Fahrten des Ballons „M. W." [2]) vermehrt, nämlich um einen Richard'schen Barographen und einen nach Assmann's Angaben von Fuess construirten Aspirationsthermographen, indessen verursachte die wiederholte Ingangsetzung und die Bedienung des letzteren mannichfache Störungen in der regelmässigen Ablesung der Aspirationspsychrometer und der Barometer, sodass mehrmals längere Zeiträume bis zu einer Viertelstunde ohne Beobachtungen verstrichen. Wie sich schliesslich bei der Prüfung des Thermogramms herausstellte, erscheinen die Registrirungen nur in sehr beschränkter Weise verwendbar und wurden daher auch bei der vorliegenden Bearbeitung ausgeschlossen. Worin die Mängel des Thermographen bestanden und wie dieselben gehoben wurden, wird später in einer besonderen Abhandlung von Professor Assmann eingehend erörtert werden.

Am empfindlichsten erweist sich die Beobachtungslücke zu Beginn der Fahrt, indem die Zwischenzeit vom Aufstiege bis zur ersten Beobachtungsreihe fast eine halbe Stunde beträgt. Hieran hat jedoch nicht so sehr dieser Apparat die Schuld, als vielmehr der Umstand, dass bei der Anwesenheit der Allerhöchsten Herrschaften und des zahlreich erschienenen Publikums die Vorbereitungen erklärlicherweise nicht mit der üblichen Ruhe getroffen und die Instrumente nicht von vornherein in die gehörige Lage gebracht werden konnten. Dies war vielmehr die erste Aufgabe in

[1]) Siehe Zeitschr. f. Luftschiff. Jahrg. 1893, S. 155 ff. u. 205 ff.

[2]) Vergl. Zeitschr. f. Luftschiff. Jahrg. 1892, S. 70 ff.

der Höhe für die Beobachter, während der Ballonführer allerdings sogleich sattelfest war, das Terrain recognoscirte, sein Aneroid ablas und hierüber Notirungen machte. Die meteorologischen Beobachtungen waren im Allgemeinen so getheilt, dass der Ballonführer auf Aneroid und richtige Function des Barographen achtete, Professor Assmann auf den Thermographen und das Schwarzkugelthermometer seine Aufmerksamkeit richtete sowie die Controllbeobachtungen am Quecksilberbarometer in den Gleichgewichtslagen des Ballons besorgte, während der Verfasser die laufenden Ablesungen am Aspirationspsychrometer nebst attachirtem Haar-Hygrometer, Beobachtung der Bewölkung oberhalb und unterhalb des Ballons, Notirungen über Sonnenschein und dergl. sich zur Aufgabe machte.

Alle Instrumente waren vor der Fahrt sorgfältig geprüft; bei dem Aneroid und dem Barographen wird man jedoch immer auf die Vergleichung mit dem Quecksilberbarometer während der Fahrt den Hauptwerth legen müssen. Von einer Darstellung der eingehenden Kritik dieser Vergleichungen sowie der voraufgegangenen Prüfungen kann an dieser Stelle des Raummangels wegen abgesehen werden, da die Bearbeitung der wissenschaftlichen Ballonfahrten in voller Ausführlichkeit als besonderes Werk in den Veröffentlichungen des Kgl. Meteorologischen Instituts zu Berlin erscheinen soll. Es mögen jedoch die Resultate der Prüfungen hervorgehoben werden.

Das Aneroid (No. 1753) erwies sich bei der Vergleichung unter der Luftpumpe in üblicher Weise als nachhinkend u. z. so, dass bei fallendem Barometer von 750 auf 400 mm, entsprechend dem Verlaufe der Fahrt, der Stand schliesslich um 8 mm zu gross wird, bei steigendem Barometer umgekehrt, jedoch zahlenmässig nicht deutlich. Im Ballon zeigte es, mit dem Quecksilberbarometer verglichen, einen nach Sinn und Grösse hiermit nahezu übereinstimmenden Gang.

Die Angaben des Barographen Richard waren unter der Luftpumpe bei abnehmendem Luftdruck (bis 400 m) zu klein geworden; die Zunahme der positiven Correction (bis um 6 mm) deutet auf Theilungsfehler hin. Bei wachsendem Luftdruck nahm die positive Correction ab, jedoch unregelmässig; hier wird also elastische Nachwirkung bemerkbar. Im Ballon zeigte sich nach den Vergleichungen mit dem Quecksilberbarometer und, wenn auch weniger sicher, auch nach den Vergleichungen mit den reducirten Ständen des Aneroids auffälligerweise die entgegengesetzte Erscheinung, indem bei abnehmendem Luftdruck die Angaben zunächst zu gross wurden, nämlich von 760 bis 600 mm um 7 mm (unter 600 mm aber ging die negative Correction wieder etwas zurück), und bei zunehmendem Luftdruck der Stand sich bald als zu klein erwies. Es dürfte dieser Unterschied der Prüfungsergebnisse unter der Luftpumpe und im Ballon wohl auf den Einfluss der wechselnden Sonnenstrahlung und auf die mangelhafte Temperaturcompensation des Barographen zurückzuführen sein. Daher schien es berechtigt, den Vergleichungen im Ballon für die Ermittelung der Correctionen

den Vorzug zu geben, hierbei aber sich auf ganze Millimeter zu beschränken. Im Mittel ergaben sich hieraus für die Stände, welche hier in Frage kommen, folgende in der weiteren Bearbeitung angewandte Correctionen:

	Aneroid 1753	Corr.	Barograph Richard	Corr.
Luftdruck abnehmend	700 — 600	— 1 mm	700 — 600	— 4 mm
	600 — 550	— 2 „	600 — 550	— 3 „
	560 — 500	— 3 „	550 — 500	— 2 „
	500 — 450	— 4 „	< 500	— 1 „
Luftdruck zunehmend	450 — 500	— 3 mm	< 500	+ 1 mm

Die Wetterlage.

Anticyclonale Witterung von kurzer Dauer charakterisirt den 1. März 1893 in Deutschland; schon der Abend dieses Tages jedoch und ebenso der Abend des Vortages gehören ausgesprochen cyclonaler Witterung an. Ueber Berlin ging am Abend des 28. Februar eine Theildepression ostwärts hinweg, welche auf ihrer Rückseite in der darauf folgenden Nacht starke nordwestliche Winde und Regen im Gefolge hatte. Von 8^p des 28. Februar bis 8^a des 1. März stieg das Barometer um 10 mm, und es stellte sich so für den Zeitpunkt der Auffahrt hoher Luftdruck ein. Wie die der Wetterkarte der Deutschen Seewarte nachgebildete Fig. 1. Tafel IV zeigt, liegt um 8^a über Deutschland ein breiter Rücken hohen Luftdrucks, welcher die Verbindung zwischen einer ausgedehnten Anticyclone über dem Innern Russlands und einer solchen über der iberischen Halbinsel herstellt. Fast ganz Deutschland liegt innerhalb der Isobare 765; den höchsten Luftdruck, über 769, findet man in Sachsen, Böhmen und der Lausitz. Während über der südlichen Adria eine flache Depression lagert, droht im Nordwesten ein tiefes Minimum, dessen Centrum mit unter 740 mm Luftdruck noch westlich von Schottland liegt. — An der südlichen Ostseeküste und verschiedentlich im Binnenlande herrscht Frost, sonst liegen in Deutschland die Temperaturen etwas über dem Nullpunkt. Der Himmel ist im Westen und Norden meist heiter, sonst, insbesondere in Berlin, noch bedeckt, der Wind überall schwach, in Berlin westlich.

Um für die späteren Stunden die specielle Entwickelung der Wetterlage verfolgen zu können, wurden an der Abfahrtstelle in Charlottenburg fortlaufend Beobachtungen angestellt, ferner aber waren die Herren Beobachter derjenigen meteorologischen Stationen, welche auf oder nahe dem voraussichtlichen Fahrtfelde lagen, telegraphisch ersucht worden, mindestens stündlich Beobachtungen anzustellen. Mit grösster Bereitwilligkeit und anerkennenswerthem Eifer unterzogen sich folgende Beobachter dieser Mühe. Tappe in Berent; Less, Becker, Rech und Lemke in Berlin (Landwirthschaftliche Hochschule); Römer in Bernburg; Jörns in Blankenburg (bei Berlin); Schlottmann in Brandenburg; Kiehl in Bromberg; Ulbricht in Dahme; Schmidt in Demmin; v. Röder in Dessau; Frech in Deutsch-Krone; Müttrich,

Schubert und Hauke in Eberswalde; Dressler in Frankfurt a./O.; Gürtler in Fraustadt; Lange in Gardelegen; Samter in Grünberg; Frl. Kleemann n Halle; Frl. Doms in Koeslin; Paszotta in Konitz; Roemer in Kyritz; Gock und Knörr in Landsberg a./W.; Schmidt in Lauenburg i./P.; Grützmacher in Magdeburg; Tarnke in Marnitz; Paust in Marienburg; Heyer in Neustettin; Fritsch, Schülke und Wüst in Osterode O.-Pr.; Heine in Ostrowo; Krahn in Pammin; Sturzel in Paprotsch; Frau Magener in Posen; Rosenow in Prenzlau; Freiberg in Putbus; Struve in Samter; Kroggel in Schivelbein; Vichel in Schwerin; Schönn in Stettin; Schaffer in Torgau; Werner in Tremessen; Stüdemann in Waren.

Durch ein Versehen war leider in den Telegrammen als Endtermin die Stunde 2^p genannt worden, während die Landung des Ballons erst 4^{40p} erfolgte.. Der Verlauf der Witterungserscheinungen war jedoch ein so gleichmässiger, dass ein wesentlicher Mangel hieraus nicht entstanden ist. Bei dieser Gleichmässigkeit erschien es auch ausreichend, nur für 11^a und 2^p detaillirte Wetterkarten für das in Frage kommende Gebiet hier zu reproduciren (s. Fig. 2 und 3 in Tafel IV).

Von 8^a bis 11^a hat sich das gesammte Isobarensystem etwas ostwärts verschoben. Im Westen ist demgemäss der Luftdruck etwas gesunken, im Osten gestiegen. Das Gebiet höchsten Luftdrucks innerhalb Deutschlands (über 769 mm) liegt nun über Schlesien und dem südlichen Posen. Um und westlich von Berlin verlaufen die Isobaren von Süden bezw. Südwesten und Südosten nordwärts. Der Ballon, dessen Fahrtprojection in die Wetterkarte eingetragen ist, bewegt sich jetzt nahezu parallel mit denselben (zwischen 768 und 769) nach Norden mit geringer Neigung nach Osten. Nur wenig nördlich von Berlin biegen die Isobaren ziemlich scharf nach Osten um. — Das Frostgebiet ist auf eine kleine Fläche bei den mecklenburgischen Seen beschränkt; von diesen aus nimmt die Temperatur nach allen Richtungen zu, am stärksten nach Berlin hin, in dessen Nähe die Isotherme 5° vorbeiführt. Der Osten hat fast allgemein völlig heiteres Wetter, in Berlin und Umgegend ist der Himmel halb bedeckt, der Wind nach wie vor schwach nach Südwest bezw. Süd herumgedreht.

Um 2^p erscheint die Luftdruckvertheilung weiter ostwärts verschoben; der Luftdruck hat nunmehr auf dem ganzen Gebiete abgenommen. Barometerstände über 769 sieht man nur noch in Oberschlesien. Bei Berlin, wo die Abnahme gegen den Stand um 11^a etwa 2 mm beträgt, laufen die Isobaren auch jetzt nach Norden; nördlich davon biegen sie jedoch nicht plötzlich nach Osten um, sondern wenden sich allmählich nach Nordosten hin und diese nordöstliche Richtung haben sie bereits an der nunmehrigen Stelle des Ballons (zwischen 766 und 767), dessen Fahrtrichtung jedoch nicht parallel damit verläuft, sondern eine ostnordöstliche ist. Schon jetzt, in einer Höhe von 3200 m, scheint also eine Tendenz der Bewegung nach dem Maximum hin vorhanden zu sein. Ergänzend mag sogleich hinzugefügt werden,

dass die oberen Wolken (Alto-Str. bezw. Cist) nach SE zogen. — Das Frostgebiet ist unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung vollständig verschwunden. Am niedrigsten ist die Temperatur bei Rügen, wo die Isotherme 2° verläuft. Nach dem Binnenlande hin nimmt die Wärme schnell zu, am meisten nach Süden und insbesondere nach Berlin hin, wo sie auf 7° angestiegen ist, während sie unter dem Ballon 5 bis 6° beträgt. Im Südosten ist es meist heiter, sonst halb bedeckt. Der Wind, unten SSW beginnt etwas aufzufrischen.

Da die Isobaren über dem Fahrtfelde ziemlich parallel verlaufen und die weitere Luftdruckabnahme gemäss der 8ᵖ-Wetterkarte der Deutschen Seewarte eine gleichmässige war, durfte auch für die Zeit von 2 bis 4ᵖ ein ähnlicher Verlauf der Isobaren, jedoch mit Verringerung des Luftdrucks, insbesondere auch in der Nähe des Ballonortes, anzunehmen sein. Der Ballon hielt dementsprechend bis kurz vor der Landung d. h. vom Scheitelpunkte bis zu geringeren Höhen den ostnordöstlichen Curs bei.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass während der ganzen Fahrt auf dem hier näher betrachteten Gebiete kein Niederschlag zu verzeichnen war, dass dieser jedoch in der darauf folgenden Nacht sich unter dem Einflusse des von NW heranrückenden Minimums wieder einstellte.

Specieller Witterungsverlauf unterhalb der Ballonbahn.

Um die Beobachtungen in den höheren Schichten der Atmosphäre zu dem Witterungsstande am jeweiligen Fusspunkte der Ballonorte genauer in Beziehung setzen zu können, wurden die halbstündlichen Beobachtungen von den der Fahrtlinie zunächst gelegenen Stationen, nach der Reihenfolge derselben geordnet, für jedes Element zusammengestellt. Für jede halbe Stunde wurde sodann aus deren Angaben je nach der Entfernung des Ballons von den nächsten beiden Stationen, durch einfache Interpolation der betreffende Werth für den Fusspunkt gewonnen. Da die örtlichen Aenderungen nur gering und ziemlich gleichmässig waren, kann man diesem Werthe verhältnismässig grosse Genauigkeit beimessen. Der Fehler dürfte beim Luftdruck höchstens 0.1 mm, bei der Temperatur wenige Zehntel eines Grades, beim Dampfdruck 0.1 mm, bei der relativen Feuchtigkeit wenige Einheiten, bei der Bewölkung, wo die Stationen recht befriedigende Uebereinstimmung zeigen, höchstens eine Einheit betragen, desgl. bei der Windstärke, während die Windrichtung überhaupt nur zwischen W und S schwankt. Dies ist also durchaus die Genauigkeit gewöhnlicher Stationsbeobachtungen. Meistens konnten übrigens die Stationsbeobachtungen direct entnommen werden.

Gemäss der im ersten Theile gelieferten Fahrtbeschreibung und der Projection der Fahrtcurve (s. Taf. III) kamen hier nur folgende Stationen in Frage: Berlin bezw. Charlottenburg, Blankenburg, Eberswalde, Prenzlau, Stettin, Schivelbein. Von 2ᵖ ab wurden, wie schon erwähnt, die Beobachtungen leider eingestellt. Es musste daher für die letzte Zeit der Fahrt ein indirectes Verfahren als Ausweg benutzt werden. Hierbei kamen

Registrirungen des Luftdrucks und der Temperatur zu Eberswalde sehr zu statten, indem die stündlichen Aenderungen daselbst auf die dem letzten Theile der Ballonbahn zunächst gelegenen Stationen Stettin und Schivelbein übertragen wurden, u. z. unter Berücksichtigung des Betrages der hier beobachteten Aenderungen von 2^p bis 9^p, zu welcher Zeit wieder Terminbeobachtungen vorliegen. Dieser Betrag ist bei Temperatur und Feuchtigkeit gering, daher sind die interpolirten Werthe ziemlich sicher; beim Luftdruck ist er allerdings bedeutend (5—6 mm); doch dürfte dies bei der Ungenauigkeit der Luftdruckbestimmungen im Ballon nicht weiter von Belang sein. Die Einzelheiten an dieser Stelle zu geben gestattet der Raum nicht, dagegen soll hier das schliessliche Ergebniss, die Zusammenstellung der Witterungselemente unterhalb der Flugbahn (Luftdruck und Temperatur aufs Meeresniveau reducirt), mitgetheilt werden, da es ja für Beurtheilung der atmosphärischen Verhältnisse in der Höhe die Grundlage bildet.

Tab. I.

Meteorologische Elemente für den jeweiligen Fusspunkt der Ballonbahn (I. III. 1893)

	10^{30}	11	11^{30}	12	12^{30}	1	1^{30}	2	2^{30}	3	3^{30}	4	4^{30}
Luftdruck (N. N.)	69.2	68.7	68.4	68.2	67.7	67.1	66.7	66.4	(65.9	65.5	65.2	64.6	64.4)
Temperatur (N. N.)	2.7	3.3	4.0	3.6	5.0	5.2	5.4	5.7	(5.4	4.5	4.3	4.0	3.8)
Dampfdruck . .	4.6	4.5	4.4	4.3	4.4	4.4	3.9	4.1	(4.1	4.2	4.2	4.2	4.3)
Relat. Feuchtigk.	85	80	73	74	69	64	60	58	(64	67	67	68	69)
Bewölkung . . .	7	5	6	7	5	5	6	6	(7 ansteigend zu 9 Abd.)				
Wind	WSW3	SW1	SW1	SSW1	SSW4	SSW3	SW2	SSW3	(bis Ab. zu SE 3-5 geändert)				

Für jede Beobachtung im Ballon erhält man hieraus die Parallel-eo bachtung unten. indem man zwischen den mitgetheilten Halbstundenwerthen einfach der Zeit proportional interpolirt.

Die Beobachtungen im Ballon und deren Reductionen.

Zumeist musste für die Zeiten, wo Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen vorlagen, das Barogramm zu Grunde gelegt werden. Da dasselbe für Ballonzwecke naturgemäss eine sehr enge Theilung haben muss, erschien es schon aus diesem Grunde angemessen, nur ganze Millimeter demselben zu entnehmen und in Rechnung zu ziehen. Aber auch die oben erwähnten Schwankungen der Correctionen und die unvermeidlichen Fehler der Barometerbeobachtungen im Ballon überhaupt rechtfertigen die schon früher vom Verfasser geäusserte Ansicht, dass man sehr zufrieden sein darf, wenn die Barometerangaben von Ballonfahrten auf ganze Millimeter verlässlich erscheinen.

In der unten folgenden Tab. II finden sich die Luftdruckwerthe, soweit sie anderer Beobachtungen wegen von Belang sind, mitgetheilt, wobei die durch das Quecksilberbarometer und Aneroid erhaltenen durch ein Sternchen



(*) gekennzeichnet sind. Die Parallelwerthe am Meeresniveau, gemäss Tab. I ermittelt, sind unmittelbar daneben gestellt. Zum Zwecke der Höhen-Bestimmung wurde als Mitteltemperatur der Luftsäule nicht das arithmetische Mittel der Temperaturen oben und unten in Rechnung gezogen, sondern mit Rücksicht auf die keineswegs gleichmässige Wärmeabnahme das Mittel der Temperaturen aller dazwischen liegenden Schichten. Mit Hülfe der Jordan'-schen Tafeln sind dann die in Tab. II mitgetheilten Werthe der Höhen berechnet worden. Bei der grossen Trockenheit hätte man dabei eigentlich auch auf die hieraus resultirenden nicht ganz geringen Aenderungen der Höhenwerthe Rücksicht nehmen müssen, doch erschien die hierdurch erzielte grössere Genauigkeit (s. vorher) nicht im Einklang mit dem Mehraufwande an Arbeit. Bei den Höhenangaben dürfen sonach kaum die Zehner als sicher angesehen werden. Zu den einzelnen Temperaturbeobachtungen in der Höhe sind die zugehörigen Werthe im Meeresniveau nach Tab. I und zugleich die aus beiden abgeleiteten Temperaturänderungen per 100 m hinzugefügt worden. Von den Angaben der beiden befeuchteten Thermometer sind nur die des einen hier aufgenommen, da sie sich höchstens um 0°.1 unterscheiden. Dafür sind die Ablesungen am Haarhygrometer mitgetheilt, die zuerst eine zufriedenstellende Function des Instruments zu verrathen scheinen, nachher allerdings aber keine Aenderung mehr zeigen. Der Dampfdruck wurde nach der Sprung'schen Formel für das Aspirationspsychrometer berechnet und hieraus die relative Feuchtigkeit ermittelt.

Für die Temperatur- und Feuchtigkeitsbeobachtungen im Ballon ist als eine Fehlerquelle die nicht ausreichende Empfindlichkeit der Instrumente, auch des Aspirationspsychrometers, bezeichnet worden. Bei schnellen Höhenänderungen mag das bis zu einem gewissen Grade zutreffen, bei der vorliegenden Fahrt jedoch, wo der Ballon nach einem kurzdauernden Emporschnellen in den ersten Minuten (s. das Diagramm in Tafel III) sich ganz allmählich in kleinen Wellen bis zur grössten Höhe (in 5 Stunden) empor hob, — die mittlere verticale Gechwindigkeit berechnet sich dabei im Mittel auf 13 Meter in der Minute —, ist die Empfindlichkeit des Aspirationspsychrometers als völlig ausreichend zu betrachten, und beim allerdings schnelleren Abstiege wurden überhaupt nur noch 2 Beobachtungen gemacht. Es erschien nöthig dies hervorzuheben, um von vornherein jeden Vorwurf nach dieser Richtung zu begegnen. Gleichzeitig sei als selbstverständlich bemerkt, dass die Thermometer immer erst genügend lange Zeit nach dem Aufziehen des Aspirator-Laufwerks und bezw. nach der Befeuchtung abgelesen wurden.

In der mit Tab. II gegebenen Zusammenstellung sind sodann noch Grösse und Form der Bewölkung über und unter dem Ballon, Intensität des Sonnenscheins und Stand des Schwarzkugelthermometers, sowie einige allgemeine Notizen gegeben.

Tab. II.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Zeit	Luftdruck: mm		Höhe über N. N. m	Thermometer: C°		Temperatur N. N.	Temperaturabnahme per 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigkeit %	Hygrometer	Bewölkung		Sonnenschein	Schwarzkugel: C°	Bemerkungen.
	oben	N. N.		trock.	feucht						über dem Ballon	unter dem Ballon			
h m															
10 24		769	35												Auffahrt in Charlottenburg.
27	724*	769.0	488			2.7									
28	712*	769.0	622			2.7									Zu 10 h 27 m unterer Rand der Wolken.
36	704	769.0	710			2.8									
44														23.5	
51	685	768.9	931	+ 0.1	− 5.4	3.1	0.33	0.57	12	28					Zu 10 h 28 m oberer Rand der Wolken
58	681	768.9	977	− 0.6	− 6.1	3.1	0.36	0.44	10	28	1° Cist	8 Cust	$\odot^2$		
11 5	675	68.7	1046	− 1.0	− 6.6	3.8	0.41	0.29	7	22	1° „	9' „		32.8	Zu 10 h 36 m Aureole.
9	675*	68.6	1045	− 0.5	− 6.2	3.5	0.39	0.35	8	21	1° „	9' „		33.5	
17	669	68.5	1116	− 1.1	− 6.4	3.6	0.42	0.49	12	20	1° „	9' „		35.2	
22	670	68.5	1104	− 1.4	− 6.6	3.8	0.47	0.49	12						
26											1° „	10' „		34.7	
35	650	68.4	1346	− 1.8	− 7.0	3.9	0.42	0.48	12						
58	651	68.2	1392	− 2.2	− 7.8	3.6	0.44	0.14	4	12					
12 8	637	68.2	1505	− 1.8	− 7.8	3.7	0.37	0.01	0	12	2° „	6' „	$\odot^2$		
11	644	68.9	1416	− 1.8	− 7.7	4.1	0.42	0.05	1	12	2' „	5' „	$\odot^1$		
18	645	68.0	1404	− 1.5	− 7.5	4.2	0.41	0.05	1	11	2' „	5' „			
25	641	67.8	1452	− 1.4	− 7.3	4.8	0.43	0.14	3	10	3 „	5' Cust			i. N. Windbaum
28	626	67.7	1688	− 1.8	− 7.8	5.0	0.42	0.06	1			i. E. klar			
34	624	67.6	1662	− 2.2	− 8.2	5.0	0.43	0.01	<0	10	4 „	4 Cust u. St.	$\odot^0$		
37	617	67.6	1752	− 3.1	− 8.2	5.0	0.46	0.40	11	12		i. E. klar			
39	617*	67.5	1751	− 3.2	− 7.8	5.1	0.47	0.67	19	12	5 „	3 Cust u. St.	$\odot^0$		Sonnenring
51	626	67.8	1684	− 2.1	− 8.2	5.1	0.44	−0.05	<0	13		i. E. klar			
54	620	67.2	1709	− 2.8	− 8.0	5.2	0.47	−0.04	<0	13	6 „	3			
1 4	594	67.1	2047	− 5.1	− 9.2	5.2	0.50	0.68	22	15					
8	584	67.0	2178	− 5.8	− 9.8	5.2	0.48	0.45	15	15	6 „	3	$\odot^0$		
15	570	66.9	2367	− 6.6	− 10.6	5.3	0.50	0.53	19	16					
16	567	66.9	2407	− 7.6	− 11.4	5.3	0.54	0.50	19	16	6 „	3 St.	$\odot^1$		
19	563	66.9	2468	− 8.6	− 12.3	5.3	0.57	0.40	17	16					
21	556*	66.8	2560	− 8.2	− 12.2	5.3	0.53	0.33	13						
28	550	66.7	2643	− 9.4	− 13.0	5.4	0.56	0.37	16	15	5 „	i. E. St,	$\odot^1$		
32	553*	66.7	2602	− 9.0	− 12.8	5.4	0.55	0.32	14	15		i. W. Cu		14.5	
41	539	66.6	2799	− 9.6	− 13.2	5.5	0.54	0.37	17	16	5 „	i. E. St.	$\odot^1$	14.4	
45	527	66.6	2972	− 10.4	− 13.8	5.6	0.54	0.40	19	17	5 „	i. W. Cu	$\odot^1$		
53	517	66.5	3117	− 10.8	− 14.3	5.6	0.55	0.32	16	18					unten dunstig.
57	520	66.4	3071	− 10.8	− 13.9	5.7	0.54	0.50	25	18					Zu 2 h 5 m Haff u. Ostsee sichtbar.
58	515	66.4	3147	− 11.1	− 14.4	5.7	0.53	0.38	19	18					
2 5	510	66.4	3222	− 11.7	− 14.9	5.7	0.54	0.36	19	18	4 „	Cu i. W.			
7														12.7	unten dunstig.
9	496	66.3	3440	− 12.8	− 16.1	5.6	0.54	0.22	13	18	4 „	5 St. u. Cu.			Cist. dichter
14	493	66.2	3480	− 13.1	− 16.2	5.6	0.54	0.28	17				$\odot^1$		
17	485	66.1	3601	− 13.2	− 16.6	5.5	0.52	0.16	10	18	4 „	4 St.	$\odot^1$		Zu 2 h 28 m unten vereinzelt Cu.
20	484	66.0	3616	− 13.5	− 16.8	5.5	0.52	0.17	10						
26	489	66.0	3541	− 13.2	− 16.2	5.4	0.53	0.32	19	18					Zu 2 h 47 m dunstig.
28	479	65.9	3696	− 14.1	− 17.1	5.4	0.53	0.25	16		4' „	4 „	$\odot^1$		
30	474	65.9	3774	− 14.8	− 17.7	5.4	0.54	0.23	16		4' „	4 „	$\odot^1$		Zu 3 h 21 m Cist = falsche Cl.
43	471*	65.7	3821	− 15.4	− 18.2	5.0	0.53	0.22	16						
44	470	65.7	3837	− 14.8	− 17.5	5.0	0.52	0.32	22						Zu 3 h 23 m höchster Punkt.
47	468	65.7	3868	− 15.4	− 18.1	4.9	0.52	0.26	19	18	3 „	3 „	$\odot^1$		
57	447	65.5	4205	− 17.2	− 19.6	4.6	0.52	0.26	22		4^2 „	2 „	$\odot^0$		
3 11	444	65.4	4260	− 17.4	− 19.7	4.4	0.51	0.29	25	17	6^2 „	2 „	$\odot^1$	10.7	Zu 3 h 34 m üb. Ostsee dunkler Streifen.
16	452	65.3	4121	− 16.8	− 19.0	4.4	0.51	0.37	30						
21	443*	65.3	4276	− 17.8	− 20.0	4.4	0.52	0.29	25		5^2 „	3 „			
23	438.5	765.3	4356												Zu 3 h 42 m dunstig.
34	450	65.2	4152	− 17.0	− 19.5	4.3	0.51	0.21	20		4^2 „	2 „			
42	463	65.0	3984	− 15.4	− 18.0	4.2	0.50	0.33	24		4^2 „	2 „	$\odot^1$		Zu 3 h 48 m dunstig.
48	492	64.9	3479	− 13.6	− 16.6	4.1	0.51	0.28	17		4^2 „	2 „			
4 40															Landung bei Wussow

Temperatur.

Da bis zum Erreichen der Maximalhöhe die Höhen ziemlich continuirlich mit der Zeit zunehmen, kann man unmittelbar aus der Tabelle II, welche die Beobachtungswerthe in chronologischer Folge giebt, die Thatsache ablesen, dass die Abnahme der Temperatur von unten bis zu den einzelnen Ballonorten (Spalte 8), von einigen Schwankungen abgesehen, mit zunehmender Höhe immer grösser wird bis etwa zu 3000 m, von wo an sich wieder ein schwache Verringerung bemerkbar macht. Ordnet man, um das Verhalten besser übersehen zu können, die Werthe genau nach den Höhen, so zeigt sich bei Zusammenfassung in fünf Gruppen folgende Beziehung.

Tab. III.

	Zahl der Beobachtungen.	Mittel-Zeit	Höhen: m mittlere	Grenzen		Gesammt-Temperaturabnahme auf 100 m: C°
I	8	$11\frac{1}{2}^{a}$	1112	931	1346	0.40°
II	8	$12\frac{1}{2}$	1552	1404	1709	0.42
III	6	1^{p}	2084	1751	2407	0.49
IV	10	$1\frac{3}{4}$	2860	2463	3222	0.54
V	17	$2\frac{3}{4}$	3830	3440	4276	0.52

Dieser Verlauf der Temperaturabnahme ist zu einem Theile auf den täglichen Gang der Temperatur, insbesondere denjenigen am Erdboden zurückzuführen, zum grösseren Theile jedoch auf eine stärkere Abnahme innerhalb der höheren Luftschichten, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Temperatur unten constant annimmt, wobei man ebenfalls für grössere Höhen grössere Werthe erhält. In den Zahlen für die Gesammtabnahme der Temperatur vom Erdboden bis in die verschiedenen Höhen hinauf prägen sich die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Schichten jedoch nur undeutlich oder gar nicht aus. Um diese kennen zu lernen, muss man durch passende Zusammenfassung der vorhandenen Beobachtungen die Temperaturen der einzelnen Niveaus genauer bestimmen und aus ihnen die Temperaturänderungen innerhalb der dazwischen liegenden Schichten ermitteln. Allerdings wird hierbei vorausgesetzt, dass die Temperaturen am oberen und unteren Niveau jeder Schicht den gleichen Zeiten angehören. Dies trifft hier aber beinahe zu, da ja der Ballon stetig ansteigend die aufeinander folgenden Höhenschichten durchschnitt und somit die Beobachtungen in den unmittelbar übereinander liegenden Niveaus zeitlich wenig verschieden waren. Es wurden hier nun die Temperaturangaben von 100 zu 100 bezw. von 200 zu 200 Metern zusammengefasst und somit für ein gewisses mittleres Niveau in diesen Schichten genauere Temperaturwerthe erhalten.

Tab. IV.

Zahl der Beobachtungen	Schicht	mittlere Höhe	ΔH	Temperatur	ΔT
		0		3.3	
2	900 — 1000	954		— 0.25	
			92		— 0.5
2	1000 — 1100	1046		— 0.75	
			64		0.5
2	1100 — 1200	1110		— 1.25	
			229		— 0.7
2	1300 — 1400	1339		— 2.0	
			85		+ 0.4
3	1400 — 1500	1424		— 1.6	
			81		— 0.2
1	1500 — 1600	1505		— 1.8	
			140		— 0.2
3	1600 — 1700	1645		— 2.0	
			92		— 1.0
3	1700 — 1800	1737		— 3.0	
			375		— 2.2
2	2000 — 2200	2112		— 5.2	
			255		— 1.4
1	2200 — 2400	2367		— 6.6	
			110		— 1.5
3	2400 — 2600	2477		— 8.1	
			204		— 1.2
3	2600 — 2800	2681		— 9.3	
			291		— 1.1
1	2800 — 3000	2972		— 10.4	
			140		— 0.5
3	3000 — 3200	3112		— 10.9	
			110		— 0.8
1	3200 — 3400	3222		— 11.7	
			263		— 1.5
4	3400 — 3600	3485		— 13.2	
			187		— 0.7
4	3600 — 3800	3672		— 13.9	
			194		— 1.3
4	3800 — 4000	3866		— 15.2	
			270		2.7
2	4000 — 4200	4136		— 16.9	
			111		— 0.6
3	4200 — 4400	4247		— 17.5	

Bei der wechselnden Entfernung dieser mittleren Höhen ist durch die blosse Differenz der Temperaturen noch kein rechter Einblick in die Temperaturänderungen in den einzelnen Schichten gegeben. Durch Benutzung der Werthe von Tabelle IV kann man jedoch durch lineare Interpolation oder auf graphischem Wege von 100 zu 100 Meter die Temperaturen ermitteln; deren Differenzen geben dann unmittelbar die Temperaturabnahme auf 100 m für alle einzelnen Schichten. (s. Tab. V S. 76.)

Die Temperaturabnahme, die bis 1000 m durchschnittlich 0°.4 beträgt zeigt hiernach über 1000 m zunächst einen grösseren Werth (0.7), der sich aber weiterhin schnell verringert und zwischen 1300 und 1400 m sogar eine Temperaturumkehr andeutet; zwischen 1400 und 1600 m ist zwar wieder Abnahme vorhanden, aber von ganz kleinem Betrage (0.1); über 1600 m wächst sie sodann stark an und bleibt hoch bis 2600 m (durchschnittlich 0.8), von da bis 3100 m verringert sie sich wieder bis auf 0.3, um höher hinauf wieder anzusteigen und zwischen 0.4 und 0.7 zu verbleiben.

Die Einzelwerthe werden zwar wegen der Interpolation nicht immer genau der Wirklichkeit entsprechen, der Gang der Temperaturabnahme von



Tab. V.

Höhe	Temperatur	Temperaturabnahme auf 100 m	Höhe	Temperatur	Temperaturabnahme auf 100 m	Höhe	Temperatur	Temperaturabnahme auf 100 m
(0)	(3.3)	(−0.4)	2100	5.2	−0.7	3300	−12.2	−0.7
1000	−0.5	0.6	2200	−5.8	−0.6	3400	−12.9	−0.7
1100	−1.1	0.6	2300	6.3	−0.5	3500	−13.3	−0.4
1200	1.7	−0.3	2400	7.1	−0.8	3600	−13.7	−0.4
1300	2.0	−0.4	2500	8.2	1.1	3700	−14.2	−0.5
1400	1.6	0.2	2600	9.0	−0.8	3800	−14.8	−0.6
1500	1.8	0.1	2700	9.5	−0.5	3900	15.4	−0.6
1600	1.9	0.6	2800	9.9	−0.4	4000	−16.0	−0.6
1700	2.5	0.8	2900	10.2	−0.3	4100	−16.6	−0.6
1800	3.3	0.7	3000	10.6	−0.4	4200	−17.3	−0.7
1900	4.0	0.7	3100	10.9	0.3	4300	18.0	−0.7
2000	4.7	0.7	3200	11.5	−0.6			
					0.7			

Schicht zu Schicht kann jedoch bis auf ein Zehntel als verbürgt angesehen werden.

Als mittlere Temperaturabnahme zwischen 1000 und 4300 m ergiebt sich 0.54° per 100 m, während sie unter 1000 m nur mit 0.4 anzusetzen ist, sodass insgesammt als mittlere Abnahme von 100 zu 100 m 0.51° zu gelten hat.

Wie schon in den einleitenden Bemerkungen hervorgehoben wurde, ist es sehr zu bedauern, dass bei Beginn der Ballonfahrt bis zu 900 m Höhe keine Beobachtungen am Psychrometer angestellt werden konnten; gerade in dieser unteren Schicht erregt die Temperaturabnahme innerhalb kleinerer Höhenstufen am meisten Interesse, zumal lediglich hier sich eine Wolkenschicht vorfand. Sie ist wohl als Rest des Gewölks aufzufassen, welches in der Nacht Regen gebracht hatte und sich unter dem Einflusse des absteigenden Luftstroms allmählich auflöste. Demgemäss ist sie von geringer Mächtigkeit, nur von 488 bis 622 m über N. N. reichend. Theoretisch d. h. unter der Annahme, dass sie dem von unten aufsteigenden Luftstrome ihren Bestand verdankt, müsste gemäss der physikalischen Zustände am Erdboden ($p = 766$, $e = 4.6$, specif. Feuchtigk. $= 3.75$, $t = 2^0.4$) ihre untere Grenze 300 m über dem Erdboden, d. i. ca. 340 m über dem Meere liegen. Nimmt man an, dass die specifische Feuchtigkeit von unten bis zur thatsächlichen unteren Wolkengrenze dieselbe bleibt, dann würde sich für diese Höhe ($H = 488$ m, wo $p = 724$ mm) eine Temperatur von $-0^0.7$ ergeben. Bis zum oberen Wolkenrande ($H = 622$ m, $p = 712$ m) würde dann die specifische Feuchtigkeit auf 3.6, die Temperatur auf $-1^0.5$ abnehmen. Darüber hinaus hört die Condensation auf; es muss sich eine plötzliche Temperaturzunahme oder eine trockene Strömung geltend machen



oder beides. Auch hier fehlt die Beobachtung noch. Nehmen wir nun auf Grund der grossen Trockenheit über 900 m weiter an, dass schon unmittelbar über der Wolke der absteigende Luftstrom in voller Reinheit herrscht, dann ergäbe sich nach den bei 900—1000 m herrschenden Temperaturen eine Temperatur von ca. + 3° über der Wolke und somit eine plötzliche Temperaturzunahme von 4.5 am oberen Wolkenrande. Hiernach hätte man unterhalb der Wolke eine Temperaturabnahme von 0°.76 auf 100 m[1]), in der Wolke von 0°.60 auf 100 m und nach der genannten Discontinuität am oberen Wolkenrande von diesem bis zu 930 m eine Temperaturabnahme von 1°.0 auf 100 m. Die hieraus sich ergebende Mitteltemperatur der ganzen Luftsäule bis 900 m unterscheidet sich, wie eine genauere Rechnung ergiebt, nur um wenige Zehntel von dem arithmetischen Mittel der Temperatur oben (900) und unten. Die Prüfung der Theorie d. h. der gemachten Annahmen an den leider fehlenden Beobachtungs-Thatsachen würde interessant gewesen sein. Immerhin giebt diese Darstellung ein, wenn auch zum Theil hypothetisches Bild vom Temperaturverlauf in den unteren Luftschichten und ist demnach als eine Ergänzung aufzufassen.

Legt man endlich, um eine gedrängtere Uebersicht zu erhalten, wiederum dieselben Stufen zu Grunde, für welche oben (Tabelle III) die Gesammttemperaturabnahme vom Erdboden ermittelt war, so erhält man innerhalb dieser Schichten folgende Werthe der Temperaturabnahme pro 100 m.

Tab. VI.

Schicht	Grenzen	Temperaturabnahme per 100 m innerhalb der Schichten
I	931 — 1346	0.5°
II	1404 — 1709	0.3
III	1751 — 2407	0.7
IV	2463 — 3222	0.5
V	3440 — 4276	0.6

Während sich in der untersten Schicht d. h. vom Erdboden bis 931 m in Folge der durch die Wolken hervorgerufenen Discontinuität eine Temperaturabnahme von nur etwas über 0°.3 auf 100 m geltend macht, steigt sie in Schicht I auf 0°.5 an, sinkt aber dann, nach einer plötzlichen Temperaturzunahme um $^1/_2$° zwischen 1300 und 1400 m, in Schicht II wieder auf 0.3° herab. In der darüber lagernden Schicht III wächst sie im Mittel auf 0.7 an. Nachdem sie zwischen III und IV, d. h. zwischen 2407 und 2463 m ihren höchsten Werth (mehr als 1°) erreicht hat, geht sie in IV auf 0.5 zurück, um in V endlich wieder auf 0.6 zuzunehmen.

[1]) Diese ziemlich starke Temperaturabnahme in den untersten Schichten steht im Einklange damit, dass in Potsdam vom Erdboden bis zum Thurme des Observatoriums sich ebenfalls eine, allerdings noch stärkere, Temperaturabnahme (0°.6 auf 33 m) zur selben Tageszeit bemerkbar machte.

Es ist bezeichnend, dass trotz der Zusammenfassung in grössere Schichten, wodurch Zufälligkeiten als ausgeschlossen angenommen werden können, und trotzdem von 600 m bis weit über die grösste (4400) der hier erreichten Höhen keinerlei Condensation vorhanden war, die Abnahme der Temperatur keine bestimmte Beziehung zur Höhe, sondern bedeutende Schwankungen von Schicht zu Schicht zeigt. Es durchdringen sich also in den verschiedenen Höhen Luftströmungen verschiedenen Charakters in scheinbar regelloser Folge. Tragen daran die Wolken Schuld, welche in der Nacht Regen gebracht hatten und deren Auflösungsprocess am Morgen noch nicht beendigt war, oder deutet diese Regellosigkeit auf eine allgemeine Unruhe in der Atmosphäre hin, wie sie sich auch in dem schnellen Wetterwechsel (s. die Darstellung oben) an diesem Tage verräth?

Gemäss der im Durchschnitt nur mässigen Temperaturabnahme von rund 0.5° auf 100 m ist die potentielle Temperatur in den verschiedenen Höhen allgemein grösser als die gleichzeitige Temperatur am Erdboden und um so grösser, je grösser diese Höhen. Betrachtet man hier nur die Mittelwerthe jener fünf Schichten, so erhält man

Tab. VII.

Schicht	mittl. Höhe m	Potentielle Temperatur	Gleichzeit. Temperatur unten	Differenz	Differenz für 100 m
I	1112	9.9°	3.5°	6.4°	0.58
II	1552	13.5	4.6	8.9	0.57
III	2084	15.5	5.2	10.3	0.50
IV	2860	18.4	5.5	12.9	0.45
V	3830	23.0	4.9	18.1	0.47

Die letzte Columne lehrt, um wieviel sich eine adiabatisch absteigende Luftmasse auf je 100 m mehr erwärmen würde, als die thatsächliche verticale Temperaturvertheilung anzeigt. Dieses Mehr ist am grössten für die unteren Schichten und wird mit zunehmender Höhe kleiner, wodurch für noch grössere Höhen eine Annäherung an adiabatische Aenderungen ausgesprochen ist.

Zur Ergänzung des aus den Ballonbeobachtungen gewonnenen Bildes der verticalen Temperaturvertheilung seien einige Beobachtungen von den Stationen des Riesengebirges hinzugefügt, das nahezu dieselben Luftdruck- und Wetterverhältnisse hatte wie die Gegend der Ballonbahn.

	Station	Temperatur	Temperatur-Abnahme auf 100 m	
2p	Eichberg (H = 349 m)	4.8°	0.79°	0.56°
	Wang (H = 873 m)	0.4	0.36	
	Schneekoppe (H = 1603 m)	−2.2		



Hiernach ist in der unteren Schicht (Eichberg-Wang) die Abnahme stärker, in der oberen (Wang-Schneekoppe) ungefähr gleich, und in der gesammten Erstreckung grösser als in den gleichen Höhen der freien Atmosphäre etwa 2 Stunden vorher. Bei der immerhin nennenswerthen Entfernung erscheinen weitergehende Schlüsse aus diesem Verhalten nicht am Platze.

Feuchtigkeit.

Bei der anticyclonalen Wetterlage war von vornherein in grösserer Höhe geringe Feuchtigkeit zu erwarten; Spalte 9 und 10 in Tab. II bestätigt nicht nur diese Erwartung, sondern giebt ausserordentlich niedrige Beträge für einzelne Schichten an, ja man erblickt sogar negative Werthe. Der letzte Umstand erweckt berechtigte Zweifel über die Giltigkeit der bisher verwendeten Sprung'schen Formel. In der That hat Sprung selbst seine Formel als eine vorläufige bezeichnet, insbesondere sind bei den zur Ermittelung derselben angestellten Versuchen negative Temperaturen garnicht vorgekommen. Es ergiebt sich daher die zwingende Nothwendigkeit, vor der Bearbeitung der weiteren Ballonfahrten erst diese Formel zu berichtigen, um für die absoluten Werthe der Feuchtigkeit die gleiche Verlässlichkeit zu erhalten wie für die durch das Aspirationspsychrometer ermittelten Temperaturen. Relativ d. h. in Bezug auf die hierdurch festgestellten Aenderungen darf man ihnen jedoch wohl genügend Vertrauen schenken. In diesem Sinne wurden sie im Nachfolgenden verwerthet, jedoch wurde an Stelle der negativen Zahlen, die ja keinen Sinn haben würden, 0.00 = vollkommene Trockenheit angenommen. Die in die Augen fallenden Verschiedenheiten der verticalen Vertheilung der Feuchtigkeit geben Anlass, die ganze durchflogene Luftsäule in fünf Schichten zu zerlegen — dieselben Schichten, welche bereits bei der Betrachtung der Temperaturverhältnisse zu Grunde gelegt worden sind. In diesen Schichten zeigten sich nun folgende Feuchtigkeitsverhältnisse, denen die gleichzeitigen am Erdboden hinzugefügt sind.

Tab. VIII.

Schicht	Höhen	Feuchtigkeit oben		Feuchtigkeit unten		Dampfdruck berechnet nach der Hann'schen Formel
		absolute Mittel (Extreme)	relative Mittel (Extreme)	absolute	relative	
I.	1112 (931 1346)	0.41 (0.57; 0.29)	10 (12; 4)	4.4	77	2.97
II.	1552 (1404–1709)	0.04 (0.14; 0.00)	1 (3; 0)	4.4	70	2.54
III.	2084 (1751–2407)	0.54 (0.68; 0.40)	18 (22; 11)	4.3	64	2.06
IV.	2860 (2463–3222)	0.38 (0.50; 0.82)	18 (25; 13)	4.0	60	1.45
V.	3830 (3440–4276)	0.26 (0.37; 0.16)	19 (30; 10)	4.1	64	1.06

An der Erdoberfläche beträgt der Dunstdruck etwas über 4 mm, die relative Feuchtigkeit 77 bis 60%. In den untersten Luftschichten wird

wenigstens in den ersten Stunden der Fahrt der Dunstdruck sich langsam verringert, die relative Feuchtigkeit sich vergrössert haben, denn wie oben berichtet, kommt es in 480 bis 620 m Höhe zur Wolkenbildung. Darüber mag denn wohl plötzliche Abnahme eingetreten sein, denn in 931 m hat man bereits nur 0.57 mm Dunstdruck und 12% Dunstsättigung. Weiter nach oben hält die Abnahme an, bei Schicht I sind die entsprechenden Zahlen 0.41 und 10, bei Schicht II sogar nur 0.04 und 1. In dieser so trockenen Schicht erreicht die Feuchtigkeit zwischen etwa 1500 und 1700 m den Nullpunkt. Darüber hinaus nimmt sie wieder fast plötzlich einen relativ hohen Werth an, Schicht III hat im Mittel 0.54 und 18%. Nun erst (Schicht IV und V) tritt unter Constanz der relativen Feuchtigkeit gleichmässige Abnahme des Dunstdrucks ein bis auf 0.26 mm.

Vergleicht man die verticale Vertheilung des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes mit derjenigen der Temperaturabnahme, (Tab. VI) so sieht man, dass *grösserer Feuchtigkeit stärkere Temperaturabnahme und umgekehrt entspricht.* Insbesondere fällt die grosse Trockenheit in Schicht II mit geringer Temperaturabnahme bezw. Temperaturumkehr zusammen, desgleichen die Stelle der relativ grössten Feuchtigkeit in der ganzen hier betrachteten Luftsäule (Schicht III) mit der Gegend der stärksten Temperaturabnahme. Dagegen scheint die oberste Schicht (V) nicht in allen Theilen sich dieser Gesetzmässigkeit einzufügen.

Im grossen Durchschnitt erfolgt gemäss des bisherigen Beobachtungsmaterials die Abnahme der absoluten Feuchtigkeit mit der Höhe nach der von *Hann* aufgestellten Formel $e = e_0 . 10^{-\frac{h}{6500}}$. Nach den Feuchtigkeitsverhältnissen am Erdboden würden sich somit in den einzelnen Schichten die der obigen Zusammenstellung hinzugefügten Werthe ergeben. Dieselben sind in Schicht I 7 mal, in Schicht II 50 mal, in allen übrigen Schichten 4 mal so gross als die thatsächlich beobachteten. Hierin tritt nicht nur wiederum die grosse Trockenheit im Allgemeinen, sondern auch der specielle Charakter der einzelnen Schichten hervor. Die drei obersten Schichten verhalten sich somit ziemlich gleichartig gegen die Norm, d. h. anders ausgedrückt, legt man bei der Hann'schen Formel als unterste Schicht die IIIte zu Grunde, dann ergeben sich in der IV. und Vten Werthe, welche genau dieser Formel entsprechen. Diese 3 Schichten zeigen also gewissermassen eine normale Abnahme der Feuchtigkeit, die wohl auch für die noch höheren Schichten anzunehmen sein wird.

Betrachtet man die verticale Vertheilung der Feuchtigkeit nach dem Wassergehalte (gr) in der Masseneinheit (kg) Luft d. i. nach der *specifischen Feuchtigkeit*, so erhält man für die fünf Schichten folgende Werthe:

I	0.38	IV	0.44
II	0.04	V	0.34
III	0.57		

während ihr Betrag an der Erdoberfläche = 3.5 gr. per kg. ist. Sowohl im ungestört aufsteigenden wie absteigenden Luftstrome müsste an der Erdoberfläche und in den fünf Schichten genau derselbe Betrag vorhanden sein, wenn nicht Condensationen eingetreten sind. Nun fand zwar bei etwa 500 m Wolkenbildung statt, aber von so geringer Mächtigkeit, dass dadurch höchstens 0.2 gr Wasser auf 1 kg Luft zur Ausscheidung gelangen konnten. Die Verminderung nach oben, bezw. die Vergrösserung nach unten und die Veränderungen von Schicht zu Schicht müssen somit entweder besonderen Mischungen des auf- und absteigenden Luftstromes oder heterogenen horizontalen Strömungen zugeschrieben werden. Mischungen würden, wie in ähnlicher Weise bereits früher vom Verfasser[1]) in einem praktischen Falle gezeigt wurde, die verschiedene Grösse der specifischen Feuchtigkeit in den einzelnen Schichten unschwer zu erklären vermögen, wenn nicht zwischen alle die abnorm trockene Schicht II eingelagert wäre, die nicht unmittelbar von oben und noch weniger von unten, sondern seitwärts herbeigeführte Luft enthalten muss. Wie ist aber eine solche Discontinuitätschicht bei dem so gleichmässigen Verlaufe der Isobaren entstanden zu denken? Staut sich vielleicht die im centralen Theile der Anticyclone aus grösseren, trockeneren Höhen am kräftigsten abwärts strömende Luft an der unteren relativ kalten Schicht und fliesst relativ warm über der letzteren seitlich ab, indem sie die von anderen Theilen der Anticyclone aus geringeren, weniger trockenen Höhen schwächer abwärtssteigende Luft gewissermassen verdrängt? Die geringe Temperaturabnahme bezw. -zunahme von jener unteren zu dieser trockenen Schicht und die grössere Temperaturabnahme von der letzteren zu den darüberlagernden Schichten würde damit im Einklange sein. — Doch mag es mit diesem Erklärungsversuche genug und die Thatsache nur noch einmal hervorgehoben sein, dass in einer Anticyclone die verticale Vertheilung der Feuchtigkeit, sowie der Temperaturabnahme trotz der Abwesenheit von Wolken ganz unregelmässig von Schicht zu Schicht schwankend gefunden wurde. Jedenfalls aber zeigen die Betrachtungen, wie wichtig es ist, sowohl die potentiellen Temperaturen als auch besonders die Werthe der specifischen Feuchtigkeit zu berechnen, und wie sehr v. Bezold im Rechte war, wenn er die Bedeutung dieser beiden Grössen hervorgehoben hat.

Wind.

Leider können bei diesem Elemente nicht in gleicher Weise wie oben Details geboten werden, da die Generalstabskarten, in welche die einzelnen Punkte der Fahrt, üblicher Weise durch die Buchstaben des Alphabets bezeichnet, eingetragen worden waren, bei einer späteren Fahrt verloren gegangen sind. Es konnten daher nur die im Journal über den Ort des Ballons gemachten Bemerkungen Verwendung finden, und davon mussten

[1]) Meteor. Ergebnisse der Fahrt des „Herder“ vom 23. Juni 1888. Zeitschrift f. Luftschiff. Jahrg. 1890 S. 119 u. 120.



noch einige ausgeschlossen werden, da sie für eine genauere Verwerthung zu allgemein gehalten waren[1]. Für den letzten Theil der Fahrt kamen als Hilfe Telegramme von den Garnisonorten Stettin, Stargard und Naugard hinzu. Seine Majestät der Kaiser hatte nämlich vom Ballonplatze weg den Garnisonen den Befehl zukommen lassen, nach dem Ballon auszuschauen und telegraphisch zu berichten, und diese Telegramme wurden Allergnädigst für wissenschaftliche Verwerthung zur Verfügung gestellt.

Die Fahrtlinie selbst ist nun zwar genau genug gegeben, die Zeit jedoch, zu welcher sich der Ballon über den einzelnen Punkten befand, nur in wenigen Fällen sicher bekannt. Aus diesen ergiebt sich nun folgendes Tableau.

Tab. IX.

Ballonort	Zeit	Zwischenzeit	Entfernung	Geschwindigkeit m. p. s.	Richtung aus	Höhenstufe m	Mittlere Höhe [4] m
Charlottenburg . .	10 h 24 m						
		89 m	39 km	7.3	SSW[2]	35—1300	950
Liebenwalde . . .	11 53						
		107	42	6.6	SSW[3]	1300—2800	2000
Gerswalde	1 40						
		13	8	10.3	WSW	2800—3100	2950
Uckersee.	1 53						
		67	49	12.2	WSW	3100—4200	3650
Oder (südl. Stettin)	3 0						
		60	46	12.8	WSW	4200—2900	3900
Südl. Naugard . .	4 0						
		40	19	7.9	SSW	2900—40	1400
Wussow	4 40						

Während an der Erdoberfläche für die Dauer der Fahrt schwache und somit örtlich leicht modificirte Winde meist aus S und SW herrschen, schlägt der Ballon zunächst einen rein nördlichen Curs ein, um sodann langsam in nordnordöstliche Richtung überzugehen. Er schmiegt sich damit dem Verlaufe der Isobaren an. Etwa von 2000 m an tritt eine kräftigere Rechtsschwenkung ein, der Ballon zieht nach ENE, und weiter hinauf, etwa von 3000 m an, ist seine Bahn noch mehr nach E gerichtet. Hierbei schneidet er schon die Isobaren unter einem spitzen Winkel nach Innen zu, wodurch für diese Höhen ein Einströmen der Luft nach der Gegend des höchsten Luftdrucks angedeutet wird. Beim Abwärtssteigen d. h. in den niedrigeren Schichten dreht er wieder nach NNE zurück. Die bis etwa 4000 m durch die Ballonbahn angedeutete Drehung der Luftbewegung nach dem Innern der Anticyclone zu hat sich weiter hinauf fortgesetzt, denn die im Ballon zuerst als Cist., dann als falsche Cirren bezeichneten oberen, etwa

[1] In der beigegebenen von Herrn Gross vor längerer Zeit gezeichneten Fahrtdarstellung (Tafel III) sind versehentlich die am Fusse der Fahrtcurve eingetragenen Orte der Zeit nach nicht genau an die richtige Stelle gesetzt.

[2] SSW bedeutet, dass die Richtung näher an S als an SW liegt. [3] Zwischen Liebenwalde und Gerswalde tritt die kräftigste Rechtsschwenkung ein, daher schon vor Gerswalde WSW-Richtung. [4] mit Rücksicht auf die Gestalt der Fahrtcurve.

6000 m hohen Wolken — von den Beobachtern unten verschieden Ci., Cist., falsche Ci., Altostr., Altocu. genannt — kamen nach deren übereinstimmenden Angaben aus NW bis N. Mit zunehmender Höhe drehte somit der Wind allmählich von S über W nach N, und in seiner Richtung scheint also keine Discontinuität bemerkbar zu sein, wenn man nicht die starke Rechtsschwenkung zwischen 1¼ und 1½ᵖ so bezeichnen will.

Die Windgeschwindigkeit, am Erdboden etwa 4 m p. s. betragend, steigt zunächst bis auf 1300 m im Mittel auf 7.3 m p. s. an, um dann zwischen 1300 und 2800 m wieder eine Abnahme zu zeigen. Es ist recht zu bedauern, dass nicht die den einzelnen Höhen dieser Schicht entsprechenden Geschwindigkeiten ermittelt werden können, denn sie enthält jene oben mit II und III bezeichneten Schichten, und die Beziehung zu ihnen wäre sehr wichtig gewesen. Immerhin verdient hervorgehoben zu werden, dass jene überaus trockene Schicht mit langsamerer Temperaturabnahme auch durch langsamere Bewegung sich auszeichnet. Weiter hinauf wächst die Geschwindigkeit wieder an und übersteigt bald die schon vorher erreichte. Das Maximum ca. 13 m p. s. fällt mit der grössten Höhenstufe (ca. 4000 m) zusammen. Beim Abstiege zeigen die unteren Schichten naturgemäss wieder geringere Geschwindigkeiten.

Eine Ergänzung der Beobachtungen des „Humboldt" bot das von den **Pilotballons** gelieferte Material. Dasselbe ist verhältnissmässig recht reichhaltig, da von den aufgelassenen Ballons 12 wiedergefunden wurden, meist sogar sogleich bei der Landung, und da die Finder die auf den beigegebenen Postkarten über Ort und Zeit der Landung gestellten Fragen bereitwilligst beantwortet hatten. Dadurch wurde es möglich, folgende Zusammenstellung zu erhalten.

Tab. X.

Pilotballons am 1. III. 1893, aufgelassen von Charlottenburg.

Pilot Nr.	Fundort	Entfernung von Charlottenburg	Zeit der Auffahrt	Zeit der Landung	Fahrtdauer	mittlere Geschwindigk. m p. s.	Resultirende Richtung von
		km			m		
1	Stralau	12	6 h 45 m	7 h 40 m	55	3.6	WNW
2	Schönfelde bei Müncheberg .	50	7 26	(10)	(154)	(5.4)	WNW
3	Wildenhagen bei Reppen . .	114	8 15	11 15	180	10.6	WNW
4	Reichenwalde bei Sandow .	110	9 12	(12¼)	(153)	(12.0)	WNW
5	Alt-Friedland bei Neu-Trebbin	60	10 30	?	?	?	WSW
6	Neu-Bleyen bei Küstrin . .	90	10 32	1	148	(10.1)	W
7	Nördlich von Schönwalde . .	22	10 37?	?	?	?	SSW
8	Kienitz	77	10 38	1½	(172)	(7.4)	WSW
9	Calenzig bei Neumühl . . .	83	10 39	1¼	(156)	(8.9)	WSW
10	Lagow	137	10 55	1½	155	(14.7)	WNW
11	Bei Zielenzig	125	10 57	2½	213	9.8	WNW
12	Wilmersdorf bei Bernau . .	29	10 59	12 5	66	7.3	SW

Bei Beurtheilung der hieraus gewonnenen Daten über Geschwindigkeit und Richtung ist man wohl berechtigt, die Annahme zu machen, dass kurze Entfernungen auf einen nur in den unteren Schichten zurückgelegten Weg deuten, dass dagegen grosse Entfernungen ein Empordringen des Piloten in höhere Schichten und längeres Verweilen in denselben verrathen. Unter dieser Annahme ergiebt sich für die unteren Schichten früh 7 Uhr WNW-Wind mit 4 - 5 m p. s. Geschwindigkeit, und später zur Zeit der Fahrt des „Humboldt" SSW- bis SW-Wind mit 7 m p. s. Geschwindigkeit; die oberen Schichten kamen vorwiegend aus WNW mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 12 m p. s.; die mittleren endlich hatten W bis WSW-Wind mit etwa 9 m. p. s. Geschwindigkeit. Die vorher besprochenen Windverhältnisse in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre werden somit bestätigt. Freilich sind hierdurch eben nur durchschnittliche Zustände und selbst diese in gewissem Sinne nur hypothetisch gegeben. Einen viel genaueren Einblick in die Bewegungserscheinungen der Atmosphäre würde man erhalten haben, wenn man den Weg einiger Piloten durch mikrometrische oder trigonometrische Beobachtungen festgelegt hätte. Dass dies nicht geschehen, ist unstreitig ein Mangel, der gerade bei dieser Fahrt recht fühlbar ist.

Bewölkung und Sonnenschein.

Um eine gedrängtere Uebersicht auch über die Bewölkungsverhältnisse zu haben, mögen die betreffenden Werthe aus Tabelle II für dieselben Schichten zusammengefasst werden, die bereits bei Temperatur und Feuchtigkeit zu Grunde gelegt waren; da dieselben zeitlich aufeinanderfolgen, wird dadurch auch der zeitliche Verlauf in grossen Zügen charakterisirt.

Tabelle XI.

	Zeit		Bewölkung oben		Bewölkung unten			Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer
I	10^{51}	11^{58}	1^0	Cist. bis Altost.	8	10	Cust	$\odot^2$	24° bis 35°
II	12^3	12^{54}	2 bis 6		6	3	Cust. u. St.	$\odot^2$ bis $\odot^0$	?
III	1^4	1^{16}	6			3	St.	$\odot^0$ bis $\odot^1$	?
IV	1^{19}	2^5	5 bis 4			5	St. i. E, Cu i. W.	$\odot^1$	15 bis 14
V	2^8	3^{47}	4^2		5	2	St.	$\odot^1$	13 bis 11

Nachdem die Wolken in 600 m Höhe passirt waren, erschien der Himmel fast völlig klar, dünne Cist. bedeckten kaum den zehnten Theil desselben. Das unter dem Ballon befindliche Gewölk (Cust.) dagegen verhüllte die Erde bald ganz; etwas vor 12 Uhr begann es sich zu lockern und stellenweise aufzulösen; bald war das Gelände nur zur Hälfte bedeckt, insbesondere nur der westliche Theil, während es im Osten ganz klar wurde. Die Aufhellung hielt bis etwa $1^{1/4}$ p an, wo das untere Gewölk etwa ein Viertel des Gesichtsfeldes ausmachte. Von da an fand wieder Zunahme bis zur Hälfte statt, indem im Osten Str. hinzukamen. Gleichzeitig wurde es

unten allgemein dunstig und blieb es so bis zum Schlusse der Fahrt. Inzwischen ging die Bewölkung unten, nun aus Str. mit vereinzelt eingestreuten Cu bestehend, wieder auf ein Viertel des Gesichtsfeldes zurück.

Die als Cist. angesprochenen Wolken über dem Ballon vergrösserten sich von etwa 12 Uhr an schnell, sie bedeckten bald den halben Himmel. Gleichzeitig hatten sie ein massigeres Aussehen angenommen, so dass die Sonne, zwischen 12 und 1 Uhr, nur ganz schwach durchscheinen konnte, während vorher die Strahlung sehr kräftig war (Schwarzkugelthermometer 35° bei — 6° Lufttemperatur). Während die Grösse der oberen Bewölkung weiterhin bis zum Schlusse der Fahrt nur wenig Schwankungen zeigte, wurde die Dichte immer grösser, in der grössten Höhe des Ballons boten sie ein derbes, verfilztes Aussehen und eine bereits ins Graue spielende Färbung, so dass von ihrem früheren cirrösen Character nichts mehr zu erkennen war. Es ist wohl ausgeschlossen, dass diese Veränderungen etwa durch die Annäherung des Ballons an jene Wolken hervorgerufen d. h. etwa nur scheinbar waren, vielmehr wird die Annahme richtiger sein, dass diese Structuränderung mit dem Heranrücken der Depression zusammenhängt, die ja schon in der Nacht darauf Regen brachte. Beobachtungen an der Erdoberfläche über diese Aenderungen fehlen.

Zum Schlusse sei auf das eigenthümliche Zusammentreffen hingewiesen, dass die zwischen 12 und 1 Uhr erfolgende schnelle Abnahme des unteren und rasche Zunahme des oberen Gewölkes von derjenigen Schicht aus beobachtet worden ist, welche sich durch langsame Temperaturabnahme, grosse Trockenheit und verringerte horizontale Geschwindigkeit als ausgezeichnet erwiesen hatte.

Ueber die Registrirung der Lufttemperatur bei der ersten Auffahrt des Ballons „Humboldt" am 1. März 1893.

Von **Richard Assmann.**

In den über die erste Auffahrt des Ballons „Humboldt" am 1. März 1893 seitens der Herren Premierlieutenant Gross und Dr. Kremser in den vorigen Aufsätzen dieses Sammelwerkes erstatteten Berichten sind die Ergebnisse der Temperatur-Registrirungen absichtlich übergangen worden, da dem Schreiber dieser Zeilen, als dem Constructeur des zum ersten Male mitgeführten „Ballonthermographen" die, wie wir weiterhin sehen werden, schmerzliche Pflicht oblag, selbst hierüber zu referiren.

Es dürfte wohl keinem Widerspruche begegnen, dass man berechtigt ist, sich bei einem mit so grossen Mitteln in Angriff genommenen Unternehmen, wie bei dem unserer wissenschaftlichen Ballonfahrten, nicht auf die ausschliessliche Verwendung als völlig sicher erkannter Beobachtungsmethoden und Apparate zu beschränken, sondern dass auch die gebotene Gelegenheit wahrgenommen werden musste, um eine Erweiterung und Vervollständigung derselben auf experimentellem Wege zu erreichen. Die bei allen Ballonfahrten unvermeidlichen, durch die nothwendigen Arbeiten der Ballonführung veranlassten Unterbrechungen der eigentlichen Beobachterthätigkeit mussten unmittelbar auf das Bestreben hinleiten, ausser den persönlichen Ablesungen der Instrumente selbstthätig erfolgende Registrirungen der wichtigsten Elemente zu erhalten, um alle Beobachtungslücken ohne weiteres ausfüllen zu können.

Am leichtesten gelang dies bei den Werthen des Luftdruckes durch Verwendung zweckmässig construirter „Barographen", welche durch die weitbekannte Firma Richard Frères in Paris in aller wünschenswerthen Genauigkeit geliefert wurden.

Konnte man nun mit Hülfe dieser Apparate, deren Gang durch zahlreiche directe Ablesungen eines Aneroid- und Quecksilberbarometers dauernd controllirt wurde, eine ununterbrochene Darstellung der verticalen Flugbahn des Ballons erreichen, so lag der Wunsch nahe, ein Gleiches für den wichtigsten Factor der Ballonbeobachtungen, die Lufttemperatur, zu ermöglichen. Bei den unmittelbaren Wechselbeziehungen, welche zwischen der Höhe des Ballons und der Lufttemperatur bekanntermassen bestehen, musste jede Temperaturablesung ohne Kenntniss der gleichzeitigen Höhe

als werthlos erscheinen; ebenso blieb jede Beobachtung des Luftdruckes ohne die Kenntniss von der gleichzeitig herrschenden Temperatur für die Ermittelung der Höhe mehr oder weniger unsicher. Dem Barographen musste also, wenn irgend thunlich, ein Thermograph an die Seite gestellt werden.

Die Lösung dieser Aufgabe hatte aber, wie aus vorherigen Arbeiten genügend bekannt war, mit mannigfachen Schwierigkeiten zu kämpfen, welche bei dem Barographen völlig fehlen, oder doch von untergeordneter Bedeutung sind.

Die durchaus günstigen Erfahrungen mit dem Gebrauche des Aspirationsthermometers bei Ballonfahrten leiteten natürlich auf die Verwendung derselben Methode für einen Thermographen unmittelbar hin. Die Schwierigkeit, eine für die Ueberwindung der Reibung einer Registrirfeder auf einer Papierfläche ausreichende Kraft im Thermometergefässe zu besitzen, konnte durch Verwendung eines ringförmig gestalteten, mit Alkohol gefüllten Bourdon-schen Rohres als überwunden gelten, zumal sich derartige Vorrichtungen bei den zahlreichen Aufstiegen des Fesselballons „Meteor“ durchaus bewährt hatten. Von der bei dem unbemannten Fesselballon ohne allzugrosse Gefahr in Anwendung gebrachten Bewegung des Aspirators durch einen Elektromotor, welcher durch eine mitgeführte Batterie angetrieben wurde, musste indess bei dem bemannten Freiballon wegen der fortgesetzten Funkenbildung an den Schleifcontacten abgesehen werden, es war demnach die Verwendung einer anderweitigen Betriebskraft für den Aspirator erforderlich. Es lag nahe, an deren Stelle die bei dem Ballon-Aspirations-Psychrometer durchaus bewährte Kraft einer in regelmässigen Pausen durch den Beobachter aufzuziehenden Feder zu verwenden; doch treten dem folgende Bedenken entgegen. Zunächst lässt sich nicht verkennen, dass ein Registrirapparat seinem Wesen nach nicht abhängig sein soll von einer in kürzeren Pausen nothwendig werdenden Bedienung; was bei dem für directe Ablesungen bestimmten Aspirationspsychrometer, dessen Befeuchtung ja ohnehin wiederholte Manipulationen erfordert, ohne Schaden ausgeführt werden konnte, indem man Ablesungen nicht vornahm, wenn die Aspiration nicht genügend im Gange war, musste bei dem registrirenden Apparat eine uncontrollirbare Störung der Curve bewirken. Ausserdem erschien es als eine unzulässige Erschwerung der an sich schon wahrlich nicht leichten Aufgabe der Beobachter, wenn man ihnen das häufige Aufziehen zweier, höchstens 10 bis 15 Minuten im Gange bleibender Laufwerke zumuthen wollte.

Es wurde deshalb von Anfang an darauf Bedacht genommen, die Aspirationsvorrichtung durch eine constant wirkende Kraft zu treiben.

Nach zahlreichen Vorversuchen schien es am gerathensten, den Apparat selbst als treibendes Gewicht zu verwenden, indem man denselben an eine starke Kette hängte, deren Schaken in ein Kettenrad, wie bei den Schwarzwälder Uhren, eingriffen, durch welches die Aspiratorscheiben in Umdrehung

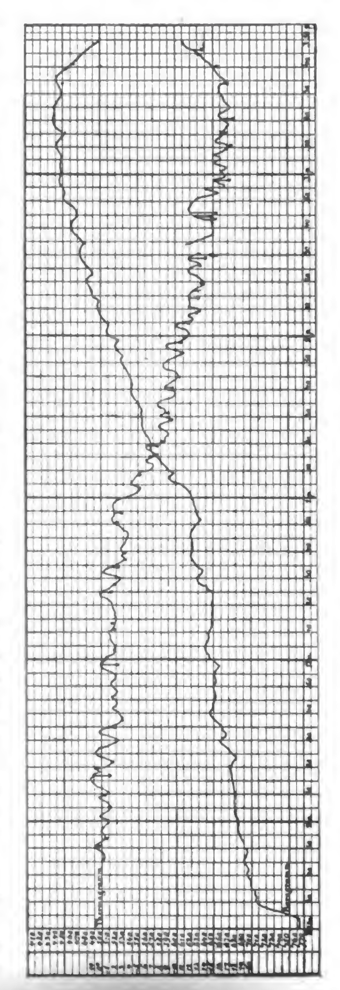
versetzt wurden. Allerdings musste hierbei der Apparat bei seinem Ablaufe an der Kette eine Höhenänderung von einigen Metern erleiden, was jedoch von keiner Bedeutung sein konnte.

Leider zeigten sich schon bei den Vorversuchen zahlreiche Schwierigkeiten mit dieser sonst recht brauchbaren Methode verknüpft, besonders dadurch, dass eine derartige Kette, welche nach dem Muster der bei Morse-Apparaten gebräuchlichen construirt war, sich äusserst leicht verwickelte und dabei durch „Ecken“ der Schaken die Gefahr eines Bruches der Nieten herbeiführte. Ein solches Ereigniss musste aber die gewiss unliebsame Folge haben, dass der etwa 7 kg schwere kostspielige Thermograph abreissen und, abgesehen von seiner eigenen Zerstörung, noch unberechenbares Unglück anrichten konnte. Es musste deshalb, um die gegen 8 m lange Kette vor einem „Verwickeln“ vor der Auffahrt zu bewahren — wobei es bekanntlich nicht selten etwas „wild“ hergeht —, von vornherein eine etwas umständliche Vorrichtung angebracht werden, mittels welcher die Kette „guirlandenartig“ aufgenommen wurde.

Bei der ersten Auffahrt des „Humboldt“ am 1. März 1893 war dem Vorerwähnten entsprechend der Thermograph folgendermassen montirt. An einer etwa 40 cm langen eisernen Schiene, welche neben dem Aspirations-Psychrometer am oberen Rande des Ballonkorbes, senkrecht zu diesem, befestigt war, hing der Thermograph an einer kurzen Schnur, welche sein Ablaufen an der Kette vorläufig, d. h. bis zum Aufstiege des Ballons verhinderte; die Kette selbst war in „Guirlanden“ aufgenommen worden.

Die unter aussergewöhnlichen Umständen in Gegenwart der Allerhöchsten Herrschaften erfolgende Auffahrt erheischte zunächst die vorher unthunliche Montirung der Haupt-Instrumente; hierbei ergab sich sofort als ein principieller Fehler die Anbringung des Thermographen dicht neben dem Aspirationspsychrometer, indem durch die Bedienung beider Apparate durch zwei Beobachter eine fortgesetzte gegenseitige Störung hervorgerufen wurde. So ist es zu erklären, dass die Registrirungen des Thermographen erst 21 Minuten nach dem Aufstiege ($10^h 45^m$) und die Ablesungen des Aspirationspsychrometers erst um $10^h 51^m$ ihren Anfang nehmen konnten, nachdem der Ballon schon eine Höhe von über 800 m erreicht hatte.

Nach dem Durchschneiden der den Thermographen fesselnden Schnur setzte die Aspiration in ausreichendem Masse ein und die Registrirfeder erreichte bald den der Lufttemperatur entsprechenden Stand. Bald aber zeigten sich, wie es bei einem zum ersten Male thätigen Apparate nicht anders zu erwarten war, allerlei unvorhergesehene Schwierigkeiten. Schon bei der vorerst erforderlichen „Abhebung der Kettenguirlanden“ von den Stiften verwickelte sich die Kette wiederholt, was nicht nur Störungen in der Aspiration hervorrief, sondern auch die Gefahr eines „Abreissens“ des Apparates in Besorgniss erregender Weise erkennen liess. Die bis zur Regelung des Ablaufes des Thermographen an seiner Kette erforderliche



Zeit wurde hierdurch zu einer recht unerquicklichen und aufregungsreichen für die Balloninsassen, da durch den am Boden des Korbes aufgestapelten reichlichen Vorrath an Ballastsäcken ein gleichzeitiges Handtiren der beiden Beobachter dicht neben einander ausserordentlich erschwert wurde; jeder Platzwechsel aber rief starke, für die Ablesungen der Thermometer mittels des Fernrohres höchst störende Schwankungen und Erschütterungen hervor. Ich würde diese „Ballon-Interna" nicht hier des Näheren erörtert haben, wenn mir nicht daran läge, auf die Schwierigkeiten hinzuweisen, welche sich bei dieser Fahrt einer geordneten Beobachtung entgegengestellt haben.

Nicht lange, nachdem endlich der Aspirator des Thermographen behaglich „schnurrte", trat abermals eine Störung ein durch Hängenbleiben der Kette im Rade; bald darauf sass das untere Gegengewicht, welches an der „endlosen" Kette stets die unterste Stelle einnehmen sollte, fest und hemmte schliesslich, da es eine Zeitlang nicht erreicht werden konnte, abermals die Aspiration für einige Minuten. Endlich gelang es, dieselbe, abgesehen von einigen aus anderen Gründen erfolgenden Unterbrechungen, längere Zeit im ungestörten Gange zu erhalten.

Die durch die Registrirung des Apparates gelieferte Curve ist nebenstehend gemeinschaftlich mit der gleichzeitigen Curve des Barographen wiedergegeben

worden. Bei ersterer wurden die gleichzeitigen Ablesungswerthe des Aspirationspsychrometers durch ein ⌃ bezeichnet; zugleich wurde durch senkrechte Verbindungslinien dieser Punkte mit der Thermographencurve die Abweichung beider Angaben von einander deutlich gemacht.

Bei der Betrachtung der Thermographencurve fallen sofort die zahlreichen nicht unbedeutenden Temperaturschwankungen in die Augen, welche mit einer gewissen Periodicität wiederkehren. Zugleich zeigt es sich, dass die Abweichungen der Curvenwerthe von den gleichzeitig angestellten directen Ablesungen des Aspirationsthermometers zuweilen gegen 2° betragen, zuweilen äusserst gering sind. Im Allgemeinen aber zeigt es sich, dass die tiefsten Punkte der Curve von den Ablesungen nur um ganz geringe Beträge abweichen; hieraus ist zunächst zu schliessen, dass Einflüsse vorhanden gewesen sein müssen, welche die Angaben des Thermographen über die wahre Lufttemperatur erhöht haben.

Die Gründe für eine Erhöhung der Temperaturangaben können aber nur folgende sein:

1. Ungenügende Beseitigung des Einflusses der Sonnenstrahlung;
2. Künstliche Erhöhung der Lufttemperatur durch Austritt höher temperirten Gases aus dem Ballon.

Die ungenügende Beseitigung des Strahlungseffectes könnte hervorgerufen werden entweder durch eine fehlerhafte Construction des Apparates selbst, oder durch eine in Folge der Fahrt auftretende Verminderung der Aspiration.

Was den ersten Punkt anlangt, so darf nicht verschwiegen werden, dass die einigermassen hastige Fertigstellung des Thermographen Veranlassung wurde zum Bestehenbleiben einiger Unsicherheiten der Construction. Dies gilt in erster Linie von der für unerlässlich gehaltenen Umhüllung des ganzen Apparates mit einem blanken Metallkasten. Obwohl bei diesem durch jalousieartiges Durchbrechen so weit als thunlich für natürliche Ventilation gesorgt worden war, lässt sich doch nicht verkennen, dass ein Theil der in demselben befindlichen Luft unter gewissen Bedingungen aspirirt und dem Thermographengefässe zugeführt werden konnte. Dies konnte einerseits in der Weise geschehen, dass solche, an den strahlungserwärmten Wänden des Kastens höher temperirte Luft in die nach unten weisende, der sicheren Verpackung wegen den Rand des Kastens nicht überragende Oeffnung der Hüllrohre selbst eingesogen wurde; anderseits war die für den Vergrösserungshebel des Gefässes bestimmte seitliche Oeffnung des Hüllrohres selbst nicht unerheblich zu gross angelegt, sodass auch von hier aus durch die Aspiration Luft aus dem Kasten an das Gefäss geführt werden konnte. Es leuchtet ein, dass dieses Einsaugen abnorm erwärmter Luft vornehmlich beim Steigen des Ballons eintreten musste. Selbstverständlich wurden bei den späteren Auffahrten diese Mängel soweit als möglich beseitigt.

Der durch den Exhaustor, welcher am oberen Theile des Apparates angebracht war, erzeugte Aspirationsluftstrom bewegt sich in verticaler Richtung nach oben mit einer Geschwindigkeit von etwa 2 m p. sec., das unten frei sich öffnende Aspirationsrohr ist in seinem obersten Theile durch die Exhaustorscheiben abgedeckt, öffnet sich also nur in horizontaler Richtung vermittels des zwischen beiden Scheiben befindlichen Spaltes. Die Aufwärtsbewegung eines derartig gestalteten Hohlkörpers würde auf eine in diesem befindliche Luftmenge folgenden Einfluss ausüben. Die zwischen den Scheiben eingeschlossene ruhende Luft würde durch die aussen an der ringförmigen Exhaustorspalte vorbeistreichende Luft ohne Zweifel mitgerissen, also zum Ausströmen veranlasst werden; dies würde einer Vermehrung der Geschwindigkeit des Aspirationsluftstromes gleichkommen. Am unteren offenen Ende des Hüllrohres dagegen würde in diesem Falle durch die vorbeistreichende Luft eine Luftverdünnung im Innern hervorgerufen werden, was zu einem abwärts gerichteten Strome, also zur Schwächung des aufwärtsgehenden Aspirationsstromes Veranlassung geben müsste. Die Entscheidung darüber, ob die oben eintretende Beförderung, oder die unten bewirkte Behinderung des Aspirationsstromes überwiegt, ist schwer experimentell zu liefern.

Ohne Zweifel werden sich aber bei einer Abwärtsbewegung dieses Röhrensystemes die betreffenden Verhältnisse für den Aspirationsstrom insofern wesentlich günstiger gestalten, als hierbei unten keine Luftverdünnung eintritt, welche den aufwärtsgehenden Strom schwächt, während die denselben fördernde Wirkung auf den horizontal geöffneten Spalt an der Exhaustorscheibe bestehen bleibt. Man muss deshalb unter allen Umständen annehmen, dass die Aspiration bei sinkendem Ballon stärker ist, als bei steigendem.

Es ist ausserdem wohl nicht zu bezweifeln, dass eine in einem verticalen offenen Rohre befindliche freibewegliche Luftmenge in Folge des Beharrungsvermögens das Bestreben hat, hinter den Bewegungen desselben mehr oder weniger zurückzubleiben; bei aufsteigender Bewegung würde hieraus eine Schwächung, bei absteigender eine Verstärkung des aufwärts gerichteten Aspirationsstromes hervorgehen.

Betrachtet man nun mit Recht die Stärke der Aspiration als den wichtigsten Factor zur Beseitigung des Sonnenstrahlungseinflusses auf das Thermographengefäss, so ergiebt sich der Schluss, dass letzterer bei steigendem Ballon in geringerem Maasse hintanzuhalten ist als bei fallendem Ballon. Ist der Grund für die in der Thermographencurve erkennbaren zu hohen Registrirungen hierin zu suchen, so müssen die grösseren Abweichungen von den Angaben des Aspirationspsychrometers mit einem Steigen des Ballons zusammenfallen.

Als ein Beweis für die ausreichende Beseitigung der Strahlungswirkung bei dem Aspirationsthermometer darf die Thatsache angesehen werden,

dass ein solches keine principiellen Standunterschiede aufweist, ob es der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist, oder sich im Schatten befindet. Dies wurde auch für die grössere Strahlungsintensität der Sonne in höheren Luftschichten, z. B. durch die Beobachtungen auf dem Säntisgipfel in 2500 m Höhe direct nachgewiesen[1]). Eine zur Beseitigung des Strahlungseinflusses nicht ausreichende Stärke der Aspiration müsste aber ohne Zweifel dazu führen, dass im Sonnenschein höhere Werthe angegeben werden, als im Schatten. Die in der Curve sichtbaren abnorm hohen Werthe könnten dann einem Verweilen des Apparates im Sonnenschein, die mit den Ablesungen nahezu übereinstimmenden niedrigen Angaben einer Beschattung desselben entsprechen.

Als zweiten möglichen Grund für eine Erhöhung der Temperaturangaben führten wir oben die thatsächliche, aber auf künstlichem Wege bewirkte Temperaturerhöhung durch ausströmendes Ballongas an.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass das Gas im Ballon unter dem Einflusse der Sonnenstrahlung eine ganz erheblich höhere Temperatur annimmt als die umgebende Luft, ja es bleibt in vielen Fällen zur Erklärung der erreichten Höhen der Ballons nichts weiter übrig, als ganz erhebliche „Ueberhitzungen“ des Gases vorauszusetzen. Obwohl allgemeine experimentelle Nachweise einer solchen noch fehlen, so geht doch aus den bei der Auffahrt des Ballons „Herder“ im Jahre 1888[2]) durch v. Sigsfeld und Kremser angestellten Messungen, wo die Temperatur des Ballongases bei einer Lufttemperatur von 5° auf 58° bestimmt wurde, deutlich genug ein ganz bedeutender Temperaturüberschuss desselben hervor. Dass bei steigendem Ballon aus dem offenen Appendix Gas ausströmt, ist bekannt, auch physikalisch nothwendig; ausserdem verräth es sich deutlich genug der Nase des Luftschiffers. Ebenso aber muss man annehmen, dass dasselbe an die in gleicher Höhe befindlichen Thermometer tritt und diese beeinflussen muss, wenn es eine höhere Temperatur besitzt als die umgebende Luft. Dann müssten die abnormen Erhöhungen der Thermographencurve abermals zusammenfallen mit einem Steigen des Ballons.

Sehen wir uns nun auf Grund der vorstehenden Erörterungen die Thermographencurve vom 1. März 1893 im Zusammenhange mit der auf gleiches Zeitmass gebrachten des Barographen näher an. Wir fanden, dass sowohl der Zutritt wärmerer Luft aus dem Schutzkasten des Apparates, als auch die Schwächung des Aspirationsstromes durch Höhenänderungen des Ballons, ferner das Ausströmen des höher temperirten Ballongases nur bei dem Steigen des Ballons stattfinden kann. Hiernach müssten, wenn in diesen Vorgängen, oder auch nur in einem derselben, die abnormen

[1]) S. Assmann: Das Aspirationspsychrometer. Abhandlungen des Kgl Meteorologischen Instituts. No. 5.

[2]) S. Kremser: Meteorologische Ergebnisse der Fahrt des Ballons „Herder“ am 23. Juni 1888. Zeitschr. für Luftschiffahrt IX p. 78.

Relative Feuchtigkeit.

100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%

Temperatur.

+5°
±0°
-5°
-10°
-15°
-18°

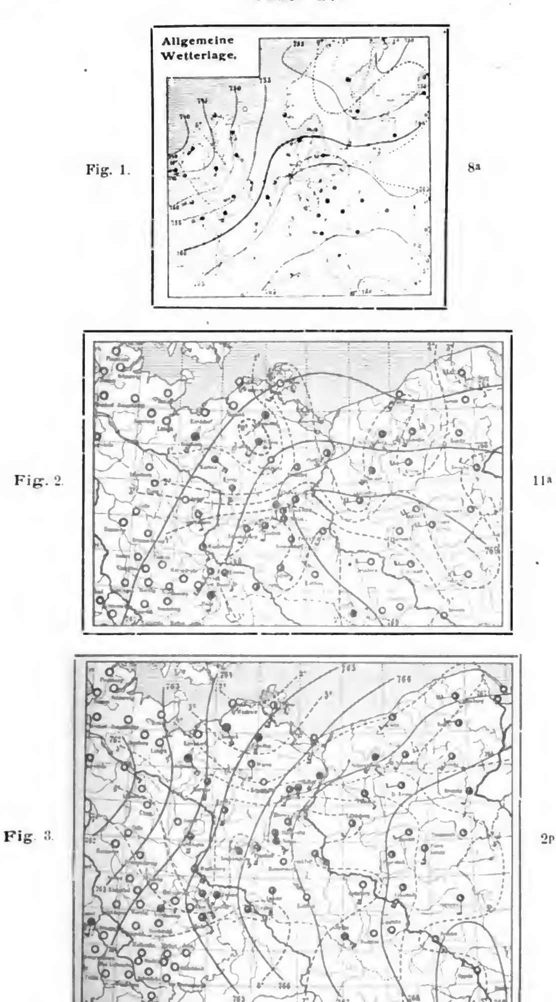
Höhe 10fach übertrieben

m. 4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
m. 0

Aufst
Charl

Charlotte
burg

Tafel IV.



Witterungsverhältnisse bei der ersten Fahrt des „Humboldt"
am 1. März 1893.

Sprünge in der Thermographencurve begründet wären, diese letzteren mit einem Steigen des Ballons, ausgedrückt durch eine Abnahme des Luftdruckes, zeitlich zusammenfallen. Man darf hierbei nicht ausser Acht lassen, dass im Allgemeinen einem Steigen des Ballons ein Fallen der Temperatur, und umgekehrt einem Fallen des Ballons ein Steigen der Temperatur und zwar, wie Kremser ermittelt hat, durchschnittlich um 0,51° entsprechen sollte. Steigt also die Temperatur bei steigendem Ballon, fällt sie beim Fallen, dann muss man eine Störung der Registrirung als höchst wahrscheinlich annehmen.

Um $10^h 45^a$ beginnt die Thermographencurve mit dem Werthe von 0°; der Ballon ist im mässigen Steigen begriffen, macht aber gleich darauf eine kleine Abwärtsbewegung von etwa 40 m Höhe: dabei giebt das Thermogramm eine Temperaturzunahme von 1,2° an, welche offenbar zu gross ist, um als Folge der Höhenverringerung gelten zu dürfen. Von $10^h 51^m$ an steigt der Ballon wieder langsam, wobei die Temperatur von 0,9° bis auf — 0,5° sinkt; die gleichzeitigen Ablesungen des Aspirationsthermometers zeigen eine Temperaturabnahme von 0,1° auf — 0,6° bei einer Höhenzunahme von nur 46 m. Bei fortgesetzt steigendem Ballon zeichnet der Thermograph bis $11^h 10^m$ drei Wellen von 1,0 bis 1,4° Amplitude, deren Köpfe erheblich über die Werthe der gleichzeitigen Ablesungen hinausgehen. Die grossen Schwankungen von $11^h 10$ bis $11^h 35$ wurden durch wiederholte Unterbrechungen der Aspiration in Folge von Verschlingungen der Laufkette veranlasst, müssen deshalb unberücksichtigt bleiben. Um $11^h 55^m$ tritt bei dem Fallen des Ballons um etwa 70 m ein beträchtliches Steigen der Curve von 2,1° ein, offenbar ein den thatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechender Werth; beim darauffolgenden schnellen Steigen um 180 m sinkt die Curve ebenso schnell um 1,9° und fällt dann mit dem Werthe der Ablesung um $12^h 3^m$ p. m (— 1.8°) durchaus zusammen. Bei unveränderter Ballonhöhe steigt weiterhin um $12^h 25^m$ das Thermogramm um 1,4° über den Werth der gleichzeitigen Ablesung; bei schnellem Steigen fällt es wieder ebenso schnell, deckt sich um $12^h 28$ mit der Ablesung, fällt aber noch um 0,7° weiter, was der fortgesetzten Höhenzunahme des Ballons entsprechen dürfte. Kurz darauf steigt das Thermogramm um 2° beim Fallen des Ballons um etwa 70 m; eine gleichzeitige Ablesung ergiebt einen um 1° niedrigeren Werth.

Es dürfte zu weit führen, alle die auffallenden kurzen Schwankungen des Thermogramms in dieser Weise zu analysiren. Es kann uns hier zunächst nur darauf ankommen, zu erkennen, ob ein principieller Zusammenhang zwischen den Höhenänderungen des Ballons und den Wellen der Thermographencurve besteht.

In folgender Tabelle sind die zusammenfallenden Bewegungen beider Curven, aus 81 Vergleichungen gewonnen, in Procenten wiedergegeben worden.

	Ballon steigt	fällt	bleibt unverändert
Thermogramm steigt	18.5	12.3	13.6
„ fällt	22.2	12.3	16.0
„ bleibt unverändert .	4.0	0.3	1.2

Als „normal“ ist das Zusammenfallen der Curven anzusehen, wenn der Ballon steigt und die Temperatur fällt (22.2%), sowie wenn der Ballon fällt und die Temperatur steigt (12.3%), während die übrigen Combinationen als abnorm, oder als auf fehlerhaften Registrirungen beruhend zu gelten haben. Die „correcten“ Registrirungen betragen nach der Tabelle aber nur 34.5%, welchen 65.5% unrichtige gegenüberstehen. Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von erheblichen Fehlern bei der Registrirung spricht. Andererseits finden sich aber keine deutlichen Beweise für die Vermuthung, dass ein Steigen des Ballons als Veranlassung für die abnorme Erhöhung der Temperatur-Registrirung anzusehen ist; der entsprechende procentische Werth von 18.5% ist ein kleinerer, als der für den entgegengesetzten Vorgang, Fallen der Temperatur bei steigendem Ballon, giltige, welcher 22.2% ausmacht.

Wir müssen deshalb an die fernere Untersuchung herangehen, ob vielleicht ein Wechsel zwischen Besonnung und Beschattung des Thermographen Veranlassung gegeben haben könnte zu den eigenthümlichen, oft sprungartigen Erhöhungen und Senkungen der Curven.

Wie oben auseinandergesetzt, war der Thermograph an der einen Schmalseite des Ballonkorbes aufgehängt an einer 4 m hinabreichenden Kette; durch Aufwinden desselben mit der Kurbel musste er hierbei dann in den Schatten des Korbes oder des Ballons gerathen, wenn die entsprechende Korbwand von der Sonne abgekehrt war. Andererseits hätten auch Drehungen des Ballons um seine Verticalaxe denselben Effect haben müssen, wenn der Apparat dauernd in der Höhe des Korbes gehangen hätte.

Betrachtet man die Scheitel der Curve, welche dem höchsten als abnorm erkannten Stande des Apparates entsprechen, so lässt sich eine gewisse Periodicität nicht verkennen: im Mittel der 37 gut ausgeprägten Wellenscheitel ergiebt sich eine Periode von 7,1 Minuten Dauer. Dabei kommen Perioden von 3—5 Minuten Dauer 13 Mal, von 6—8 Minuten 16 Mal, von 9—13 Minuten 8 Mal vor; die Perioden von kürzerer Dauer herrschen demnach bedeutend vor.

Soweit dies aus der Erinnerung festgestellt werden kann, dürften die Pausen zwischen den zum Zwecke der ununterbrochenen Imgangerhaltung der Aspiration erfolgten Aufwindungen des Instrumentes ungefähr dieser Periode von 7—8 Minuten entsprochen haben, sodass man, so wenig erfreulich es auch sein mag, zu dem Ergebniss kommen muss, dass der bei dieser Auffahrt in Verwendung genommene Apparat gegen den Einfluss der Sonnenstrahlung nicht ausreichend geschützt gewesen ist. Wie weit hierbei

das Aufwinden desselben in den Schatten des Korbes, oder etwa Drehungen des Ballons in Frage kommen, lässt sich nicht mehr entscheiden. Soweit mir erinnerlich, fanden fortgesetzt langsame Drehungen des Ballons statt, welche jedoch niemals zur vollen Umdrehung desselben führten.

Wenn man bedenkt, dass hier ein mit einem Aspirationsluftstrome von etwa 2 m p. sec. Geschwindigkeit ventilirtes Instrument benutzt wurde, so kann man sich einen Begriff machen von der eminenten Unzuverlässigkeit aller derjenigen Beobachtungsmethoden anderer Ballonbeobachter, welche an unaspirirten Apparaten Ablesungen ausführten.

Man könnte hierbei noch den Einwand erheben, dass das zu directen Ablesungen benutzte Aspirationsthermometer denselben Schädlichkeiten unterliegen müsse, wie ein aspirirter Thermograph. Dem ist zu erwidern, dass, wenn auch die Luftstromgeschwindigkeit an den Thermometergefässen dieses Apparates nicht erheblich grösser zu sein pflegt, doch ein beträchtlicher Unterschied daraus herzuleiten ist, dass die Oberflächen der Thermometer-Hüllrohre ganz erheblich kleiner sind, als bei dem Thermographen, wo der Durchmesser des Hüllrohres wegen des nicht weiter als auf 4 cm zu verringernden Durchmessers des Bourdon'schen Ringes nicht unter 6,5 cm herabgemindert werden konnte.

Die Schwierigkeiten der correcten Registrirung der Lufttemperatur im Ballon werden durch den vorstehend geschilderten Misserfolg auf's Neue erhärtet und wir werden uns deshalb nicht wundern dürfen, wenn auch die späteren mit allerhand weiteren Vorkehrungen versehenen Thermographenversuche nicht einwurfsfrei ausgefallen sind. Ueber diese soll bei späterer Gelegenheit zusammenfassend berichtet werden.

Uebersicht über die von dem „Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin" ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten.

Von **Richard Assmann**.

Mit Ablauf des Jahres 1894 wurden die in den Jahren 1893 und 1894 aus den Mitteln des von Seiner Majestät dem Kaiser Allergnädigst bewilligten Zuschusses ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten, über welche die Zeitschrift für Luftschiffahrt regelmässig Bericht erstattet hat, abgeschlossen, da die vorhandenen Mittel aufgebraucht waren. Es erscheint desshalb angemessen, an dieser Stelle eine kurze Uebersicht über dieselben zu geben, und diese zweckmässiger Weise auch auf diejenigen Fahrten auszudehnen, welche, ebenfalls seitens des „Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschiffahrt" ausgeführt oder doch veranlasst, gewissermassen als eine Vorbereitung auf die umfassenderen Arbeiten der letzten Jahre zu betrachten sind. Wir erhalten somit ein Bild der praktischen Thätigkeit des Vereines auf diesem Gebiete, aus welchem hervorgehen dürfte, dass derselbe auf eine Periode reicher und angestrengter Arbeit zurückblickt. Selbstverständlich kann der volle Werth dieser Arbeiten erst durch eine eingehende, von den verschiedensten Gesichtspunkten aus in Angriff genommene wissenschaftliche Discussion an das Licht gebracht werden und es ist bei der Massenhaftigkeit des vorhandenen Beobachtungsmateriales nicht zu verwundern, wenn hierzu ein längerer Zeitraum erforderlich ist. Anderseits verbot der einheitliche, sorgfältig vorbedachte Plan, welcher dem ganzen Unternehmen zu Grunde gelegt war, eine stückweise Bearbeitung einzelner Theile desselben, wie dieses ohne Zweifel den Wünschen mancher an der Sache Interessirten mehr entsprochen haben würde, und wie dies auch von anderer auf dem gleichen Gebiete, wenn auch in kleinerem Masstabe, thätigen Seite ausgeführt wird. Um jedoch zu verhindern, dass durch diese Zurückhaltung der Anschein erweckt werde, als ob unserem Unternehmen gewissermassen die zweite Stelle unter den gleichzeitig ausgeführten gebühre, geben wir im Folgenden einen kurzen statistischen Nachweis und eine Zusammenstellung der schon bei vorläufiger Uebersicht erkennbaren wissenschaftlichen Resultate an der Hand einer ausführlicheren, zu einem anderen Zwecke durch Herrn Berson ausgeführten Bearbeitung.

Die unten folgende Tabelle (S. 102, 103 u. 105) giebt Rechenschaft über die gesammten wissenschaftlichen Ballonfahrten mit einigen allgemein wichtigen Einzelheiten.

Ausser derselben seien noch folgende statistische und persönliche Angaben hervorgehoben.

Was zunächst die Führung der Ballons bei den wissenschaftlichen Auffahrten anlangt, so vertheilte sich dieselbe folgendermassen:

Premierlieutenant Gross vom Eisenbahn - Regiment No. I, jetzt commandirt als Lehrer an der Luftschiffer - Lehranstalt, führte den Ballon 28 mal, Assistent Berson vom Kgl. Meteorologischen Institut 9 Mal, Premierlieutenant Sperling von der Kgl. Luftschiffer-Abtheilung 2 Mal, je einmal die Premierlieutenants Gurlitt und Neumann von der Kgl. Luftschifferabtheilung, sowie Mr. Alexander, Besitzer des Ballons „Majestic,“ und H. Opitz.

An den Fahrten nahmen Theil:

1. Von der Kgl. Luftschiffer-Abtheilung:

Commandeur Major Nieber	3	Mal.
Premierlieutenant Gross	28	„
Premierlieutenant Sperling	3	„
Premierlieutenant Gurlitt	1	„
Premierlieutenant Neumann	1	„

2. Vom Kgl. Meteorologischen Institut:

Wissensch. Oberbeamter Professor Assmann	3	Mal.
Hülfsarbeiter Baschin	5	„
Assistent Berson	36	„
Früherer Assistent Dr. Koebke	2	„
Wissensch. Oberbeamter Dr. Kremser	2	„
Assistent Dr. Süring	7	„

3. Andere Gelehrte und Privat-Personen:

Mr. Alexander aus Bath	3	Mal.
Assistent Becker v. d. Landwirthschaftl. Hochschule	1	„
Professor Dr. Börnstein von der Landwirthschaftlichen Hochschule	3	„
Killisch von Horn, Besitzer des zu den ersten fünf Fahrten dienenden Ballons	3	„
H. Opitz	1	„
Mr. Rotch, Director des Blue Hill Meteorological Observatory bei Boston	1	„
Bartsch v. Siegsfeld	1	„

An 21 Freifahrten nahmen je 3 Personen Theil, an deren 16 je zwei; 4 Fahrten wurden vom Assistenten Berson allein ausgeführt, darunter drei mit dem kleinen, nur 285 cbm fassenden Ballon „Falke“ und eine, die letzte in unserer Reihe, mit dem Ballon „Phönix.“ Dieselbe, von Leopoldshall aus mit reiner Wasserstoffüllung unternommen, führte bis zur der grössten bisher überhaupt von Menschen erreichten Höhe von 9150 m.

Wie aus vorstehender Zusammenstellung hervorgeht, lieferte das Kgl. Meteorologische Institut die überwiegende Zahl der Beobachter, indem in

53 von 64 Fällen Beamte desselben an den Fahrten Theil nahmen. Allen Uebrigen weit voran steht die Betheiligung des Assistenten Berson mit 36 Fahrten, ihm zunächst die des Premierlieutenants Gross, welcher bei seinen 28 Fahrten nicht nur als Ballonführer, sondern auch als wohlgeschulter wissenschaftlicher Beobachter thätig war.

Ausser dieser ohne Zweifel mit vielen dienstlichen Unzuträglichkeiten verbundenen Hergabe von Beobachtern unterstützte der Director des Kgl. Meteorologischen Instituts, Herr von Bezold, das Unternehmen fortgesetzt in nachdrücklichster Weise durch Rath und That.

Von grossem Werthe für das Unternehmen war es, dass das Kgl. Meteorologische Institut nicht nur aus seinen Beständen viele Instrumente und Apparate leihweise hergab, sondern dass es auch alle seine Beobachter von Stationen höherer Ordnung dazu veranlasste, bei jeder Auffahrt, von deren Stattfinden sie telegraphisch benachrichtigt wurden, Beobachtungen ihrer Instrumente in kurzen Zwischenräumen auszuführen. Es verdient in der That die höchste Anerkennung und zeugt von den wahrhaft wissenschaftlichen Geiste der Beobachter, dass diese in allen Fällen ohne jede Weigerung diesem Ansuchen entsprochen und die erheblichen Mühen stundenlanger, oft ganze Nächte umfassender Aufzeichnungen nicht gescheut haben.

Ausserdem waren bei allen Auffahrten Beamte des Institutes mit der Ausführung correspondirender Beobachtungen auf dem Ballonplatze beauftragt.

Die Kgl. Luftschiffer-Abtheilung unterstützte unsere Experimente in ausserordentlich weitgehender Weise. Nicht nur dass dieselbe, wie oben angegeben, bei 32 Auffahrten die Führung des Ballons ihren Offizieren übertrug, nahm auch deren Commandeur in 3 Fällen an den Fahrten selbst Theil. Ausserdem wurde uns in 7 Fällen die Füllung und Auffahrt auf dem Uebungsplatze der Abtheilung gestattet und in 3 Fällen die Theilnahme von Meteorologen an Fahrten von Militärballons gewährt.

Ueber die mit den Auffahrten erzielten Erfolge sei es gestattet, hier nur von einigen der wichtigsten Punkte kurz zu berichten.

Abgesehen von wenigen, mit unüberwindlichen technischen Schwierigkeiten verknüpften Constructionen, bewährte sich das für den Zweck der Ballonbeobachtungen verwandte eigenartige Instrumentarium in jeder Beziehung, sodass an der Zuverlässigkeit der mit demselben ausgeführten Beobachtungen durchaus nicht zu zweifeln ist. Die Bedeutung dieses Umstandes geht unter Anderem daraus hervor, dass die bei 28 Auffahrten des berühmten englischen Meteorologen James Glaisher gewonnenen Beobachtungen, welche bisher als einwurfsfrei gegolten haben und allen atmosphärologischen Untersuchungen zu Grunde gelegt worden sind, nach den Erfahrungen bei unseren Experimenten als incorrect anzusehen sind.

Es ist uns geglückt, die von vornherein in das Programm aufgenommenen Vertheilung der Ballonfahrten über alle Jahres- und Tageszeiten,

sowie über die hauptsächlichsten Witterungstypen durchzuführen, was vornehmlich deshalb von erheblicher Wichtigkeit ist, weil aus natürlichen Gründen im Allgemeinen die bei ruhigem und heiterem Wetter in der wärmeren Jahreszeit während der späten Vormittags- und frühen Nachmittagsstunden unternommenen Auffahrten derartig überwiegen, dass dieselben ein völlig einseitiges Bild der atmosphärischen Verhältnisse geben müssen.

Von unseren Auffahrten der Frei- und Registrirballons fanden 14 im Frühjahr, 12 im Sommer, 12 im Herbst und 9 im Winter statt; von diesen waren 5 eigentliche Nachtfahrten, theilweise Nachtfahrten und Frühfahrten vor Sonnenaufgang ebenfalls 5.

Die Dauer der Fahrten war, vornehmlich im Vergleich zu den meist sehr kurzen Fahrten Glaisher's, durchschnittlich eine ausserordentlich lange. Eine derselben erstreckte sich über fast 19 Stunden, zwei weitere auf 14½ und 13 Stunden; über 10 Stunden währten 10, 5 bis 10 Stunden 23, weniger als 5 Stunden 14.

Die von den Ballons zurückgelegten Entfernungen überschritten in einem Falle 1000 km, in einem nächsten 900 km; dieselben wurden von dem Registrirballon „Cirrus“ durchmessen, welcher einmal in Bosnien, das andere Mal in Russland niederging. Von den bemannten Ballons wurden zweimal 500, ein Mal 400 km durchmessen; 13 Fahrten blieben zwischen 3—400, 10 zwischen 2—300, 12 zwischen 1—200 Kilometern, während 7 weniger als 100 km zurücklegten. Sechsmal fand die Landung im Reichsauslande, und zwar je einmal in Russland, Bosnien, Dänemark und 3 Mal in Oesterreich statt; von 41 in Deutschland bewerkstelligten Abstiegen kamen 32 in Preussen, 3 in Mecklenburg, 2 in Königreich Sachsen, 2 in Bayern, je einer in Anhalt und Lippe zur Ausführung.

Die erreichten Maximalhöhen betrugen bei dem Registrirballon „Cirrus“ einmal 18500 m am 6. September 1894, einmal 16300 m am 7. Juli 1894, mit dem Ballon Phönix einmal 9150 m am 4. December 1894 (alleiniger Korbinsasse Berson).

Die genannten 3 Fahrten sind die absolut höchsten, welche bisher überhaupt ausgeführt wurden sind. Ferner wurden erreicht:

1 Mal	8000 m am 11. Mai (Gross u. Berson).	12 Mal	3—4000 m
3 Mal	6—7000 m	3 Mal	2—3000 m
5 Mal	5—6000 m	10 Mal	1—2000 m
8 Mal	4—5000 m	1 Mal	unter 1000 m

Aus Höhen über 6000 m liegen demnach von 7, über 5000 m von 12, über 4000 von 20 Fahrten äusserst zahlreiche Beobachtungen vor — ein Material, welches in ähnlicher Reichhaltigkeit noch nirgends sonst vorhanden ist.

Ueber das Beobachtungsprogramm sei Folgendes bemerkt:

Bei allen Fahrten wurde der Luftdruck und die Lufttemperatur gemessen, bei allen Fahrten der bemannten Ballons auch die Luftfeuchtigkeit; ferner wurde stets die Sonnenstrahlungs-Intensität, die Richtung und Geschwindigkeit des Windes, ebenso Form, Höhe und der Zug der Wolken ermittelt; alle optischen Erscheinungen wurden vermerkt, photographische Aufnahmen von Wolken und sonstigen interessanten Objecten ausgeführt.

Ausser diesem regelmässigen Programme kamen noch zur Ausführung bei 4 Fahrten Beobachtungen über Luftelektricität, bei einer Entnahme von Luftproben in verschiedenen Höhen zum Zwecke von Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Luft. In einem Falle wurde ein selbstregistrirender Apparat, an einer 500 m langen Leine unter dem Korbe des Ballons hängend, mitgeführt. Die ausserordentliche Schwierigkeit und Gefährlichkeit dieses Verfahrens verbot leider dessen Wiederholung.

Eine hervorragende Stelle in unserem Programme war der Vornahme gleichzeitiger Auffahrten mit mehreren Ballons angewiesen worden. Es ist uns gelungen, diesen Plan wiederholt erfolgreich zur Ausführung zu bringen. In einem Falle stiegen zwei bemannte Freiballons und der Registrirballon, sowie ein Fesselballon gleichzeitig auf, in zwei weiteren Fällen zwei bemannte Freiballons und der Registrirballon. Bei einer Reihe der älteren Fahrten stieg der Registrir-Fesselballon „Meteor“ gleichzeitig mit einem Freiballon auf. Die Vornahme simultaner Auffahrten an verschiedenen, weit von einander entfernten Orten erwies sich trotz unausgesetzter Bemühungen weniger leicht ausführbar, da naturgemäss Nachricht über eine bevorstehende Ballonfahrt nur ganz kurze Zeit vorher gegeben werden konnte. Erst bei der letzten Auffahrt des Phönix am 4. December 1894, welche von Leopoldshall—Stassfurt aus stattfand, gelang es, gleichzeitig eine solche des Ballon „Majestic“ in Charlottenburg vorzunehmen. Nach St. Petersburg, wo auf meine Veranlassung hin durch Prof. Woeikof's und Oberst Pomortzeff's Bemühungen der Plan gemeinschaftlicher wissenschaftlicher Auffahrten seitens des Militär - Luftschifferparks die Billigung des Kriegsministers erhalten hatte, wurde in den meisten Fällen am Tage vor der Auffahrt ein Benachrichtigungstelegramm geschickt. Doch gelang es nur zweimal, wirklich gleichzeitige Fahrten auszuführen; bei einer von diesen stieg auch ein schwedischer Ballon in Göteborg auf, ebenfalls in Folge einer von hier aus ergangenen Verabredung mit Prof. Hildebrandsson in Upsala. Von besonderem Werthe ist hierbei die Thatsache, dass man sich sowohl in Russland als auch in Schweden des gleichen Instrumentariums in der gleichen Aufstellung bediente, wie wir bei unseren Fahrten. Zahlreiche Versuche, mit dem „Münchener Vereine für Luftschiffahrt“, welcher ebenfalls über einen Ballon verfügt und schon eine Reihe von Auffahrten mit demselben unternommen hat, in gleicher Weise zusammenzuwirken, schlugen aus nicht näher zu erörternden Gründen fehl.

Wie schon erwähnt, fanden die Fahrten bei allen Witterungslagen statt. Ausser solchen im inneren Kerne von Gebieten hohen Luftdruckes sowie von deren Rändern, wurden in den Grenzgebieten von Depressionen und in der Nähe der Centren barometrischer Minima selbst Auffahrten ausgeführt. Und zwar ist es erfreulicher Weise gelungen, ziemlich in allen Jahreszeiten diese Haupttypen der Witterung der Untersuchung zu unterziehen. Die Schwierigkeiten, welche durch die in der Nähe von barometrischen Depressionen herrschenden starken Winde der Füllung und dem Aufsteigen eines grossen Ballons erwachsen, — thatsächlich mussten in 4 Fällen die schon nahezu gefüllten Ballons „Humboldt" und „Phönix" wieder entleert und die Fahrten aufgegeben werden — wurde directe Veranlassung zur Erwerbung des kleinen, von der Luftschiffer-Abtheilung ausrangirten Ballons „Falke", welcher in der Ballonhalle der Abtheilung auch bei starkem Winde mit Wasserstoffgas gefüllt, ohne ernsteren Unfall dreimal, mit dem Assistenten Berson allein bemannt, aufgelassen werden konnte.

Bei wolkenlosem, theilweise oder gänzlich bewölktem Himmel, bei Landregen, Schneefällen und Gewittern, bei Windstille, mässigem und sehr starkem Winde, selbst bei Sturmböen fanden Auffahrten statt.

Von den bisher bei der vorläufigen Bearbeitung übersehbaren werthvollen, ja vielfach für die Physik der Atmosphäre grundlegenden wissenschaftlichen Ergebnissen seien hier nur folgende als besonders wichtig hervorgehoben.

1. Gegenüber den auf Grund früherer Ballonfahrten oder aus theoretischen Voraussetzungen angenommenen Werthen erwies sich die Lufttemperatur in den höheren Schichten oberhalb von 4000 m Höhe ganz erheblich niedriger, ein Resultat, welches ausschliesslich den verbesserten Beobachtungsapparaten zu danken ist. Temperaturen von — 36,5° in 7700 m, von — 47,9° in 9150 m Höhe sind im Luftballon überhaupt noch nicht beobachtet worden. Ebensowenig hatte man bisher Kunde von einer in 16300 m Höhe herrschenden Temperatur von — 53°, sowie von einer solchen in 18500 m Höhe von — 67°; trotzdem erscheinen die beiden letzteren Werthe noch als zu hohe, wie voraussichtlich die nächsten Auffahrten der Registrirballons beweisen werden.

2. Im Zusammenhange mit der niedrigeren Temperatur der höheren Atmosphärenschichten fand sich eine grössere Abnahme der Lufttemperatur mit steigender Erhebung, als man bisher annehmen konnte. Besonders wichtig erscheint die Thatsache, dass die ältere Anschauung hinfällig geworden ist, nach welcher diese Abnahme am schnellsten in den unteren Luftschichten, dagegen immer langsamer nach oben hin stattfindet. Vielmehr hat sich, je nach der Jahreszeit, eine *gleichmässige*, oder auch eine *allgemein gesteigerte Temperaturabnahme* mit der Höhe ergeben.

3. Die unter 2. genannte wichtige Erscheinung scheint mit einer *relativ starken Erwärmung der Luftschichten zwischen*

Nr.	Datum	Zeit der Abfahrt	Zeit der Landung	Fahrtdauer Std.	Min.	Ballon†)	Landungs-Ort
1.	1888 23. VI.	9a 21	4p 0	6	39	Herder	Bunkenburg bei Celle
	1891						
2.	30. I.	10a 24	1p 27	3	03	M. W.	Stolzenburg, Kr. Randow am Haff
3.	13. III.	10a 03	2p 20	4	17	M. W.	Walckow bei Dammkrug nächst Fehrbellin
4.	3. VIII.	8a 56½	11a 43	2	46	M. W.	Gossow bei Bärwalde i. d. Mark
5.	24. X.	10a 36	1p 41	3	05	M. W.	Schmachtenhagen bei Oranienburg
6.	27. XI.	10a 44	1p 58	3	14	M. W.	Woltersdorf bei Königsberg i. Neum.
	1893						
7.	1. III.	10a 24	4p 40	6	16	Humboldt	Wussow bei Naugard in Pommern
8.	14. III.	11a 31	3p 18	3	47	Humboldt	Boruchowo bei Rogasen, Posen
9.	28. III.	9a 31	6p 33	9	02	Humboldt	Hermannsdorf bei Annaberg im Erzgebirge
10.	7. IV.	9a 26	6p 00	8	34	Humboldt	Kronach in Oberfranken, Bayern
11.	19. IV.	10a 05½	5p 35	7	30	Humboldt	Preschen bei Muskau, Nieder-Lausitz
12.	26. IV.	4a 51	3p 50	10	59	Humboldt	Kloster Heinrichau bei Münsterberg, Schlesien
		Am 14ten	Am 15ten				
13.	14/15. VII.	10p 32	7a 32	9	00	Phönix	Pielitz zwischen Bautzen und Löbau, Sachsen
14.	25. VII.	4a 06	11a 13	7	06	Phönix	Am Thurmberg bei Danzig
15.	18. VIII.	9a 21	7p 15	9	54	Phönix	Creba in der Nieder-Lausitz
		Am 1ten	Am 2ten				
16.	1/2. IX.	11p 28	9a 22	9	54	Phönix	Garki bei Ostrowo, Posen
17.	29. IX.	7a 54	4p 11	8	17	Phönix	Borntuchen bei Bütow, Hinterpommern
18.	19. X.	9a 18	3p 26	6	08	Phönix	Schloss Sichrow bei Reichenberg, Böhmen
19.	10. XI.	5a 35	4p 17	10	42	Phönix	Lauenföhrde bei Beverungen a. d. Weser
20.	2. XII.	12p 46	4p 36	3	50	Phönix	Alt Schönau bei Goldberg, N. Schlesien
21.	15. XII.	8a 21	3p 44	7	23	Phönix	Gross Tinz bei Liegnitz
	1894						
22.	12. I.	9a 15	2p 17	5	02	Phönix	Bartelshagen bei Dammgarten a. d. Ostsee
23.	17. II.	8a 07	4p 13	8	06	Phönix	Sudomeritz bei Bechin, südl. Böhmen
24.	16. III.	7a 45	2p 40	6	55	Phönix	Tschernoschin, Kr. Mies, Böhmen
		Am 10ten	Am 11ten				
25.	10/11. IV.	10p 27	8a 28	10	01	Phönix	Tiebensee bei Heide in Holstein
26.	26. IV.	9a 58½	4p 38	6	39	Phönix	Güstow bei Stettin
27.	11. V.	7a 17	11a 25	4	08	Phönix	Willershusen bei Greifswald
28.	11. V.	7a 26	9a 45	2	19	Posen	Brusendorf bei Rangsdorf
29.	11. V.	7a 34	7a 41	0	07	Cirrus	Tempelhof bei Berlin
30.	18. V.	7a 38	2p 01	6	23	Falke	Köselitz bei Coswig, Anhalt
31.	9. VI.	5a 06½	12p 15½	7	09	Phönix	Pleische bei Schmolz nächst Breslau
32.	1. VII.	3a 47	6p 07	**14**	**20**	Phönix	Mönchshof bei Barntrup, Lippe-Detmold
		Am 6ten	Am 7ten				
33.	6/7. VII.	6p 32	1p 07	**18**	**35**	Phönix	Bei Troldhede im mittleren Jütland, Dänemark
34.	7. VII.	8a 40	ca. 2¼	ca. 10½		Cirrus	Tavna b. Zwornik, Grenze v. Bosnien u. Serbien
35.	1. VIII.	12p 31	4p 42	4	11	Falke	Kl. Kirschbaum bei Zielenzig
36.	4. VIII.	6a 41½	5p 50	11	08	Phönix	Ramkau nächst Oliva bei Danzig
37.	9. VIII	7a 12	10a 03	2	51	Phönix	Bei Gross Ziegenort am Haff
38.	6. IX.	8a 49	3p 55	7	06	Phönix	Grassee bei Wangerin, Pommern
39.	6. IX.	8a 54	9a 40	0	46	Majestic	Reinickendorf bei Berlin
40.	6. IX.	8a 45	ca. 3½	ca 6¾		Cirrus	Jazyny, nahe Linie Wilna Minsk, Russland
		Nachts	Am 6ten				
41.	5/6. X.	12p 06	1p 00	**12**	**54**	Majestic	Stadt Steinach bei Kulmbach, Bayern
42.	12. X.	10a 24	5p 18	6	54	Falke	Barby a. d. Elbe, Prov. Sachsen
43.	19. X.	10a 31½	4p 25	5	53	Bussard	Samswegen bei Wolmirstedt, Prov. Sachsen
44.	4. XII.	10a 28	3p 45	5	17	Phönix	Schönwohld bei Kiel
45.	4. XII.	10a 17	3p 46	5	29	Majestic	Passee bei Neukloster, Mecklenburg
46.	4. XII.	11a 41	ca. 2¼	ca. 2½		Cirrus	Jördenstorf zw. Teterow u. Gnoien, Mecklenbg.
	1895						
47.	15. II.	10a 46½	5p 37	6	50	Albatross	Ginderich, zw. Xanten u. Wesel, Rheinprov.

Allgemeine Bemerkungen: Alle Fahrten, bei welchen sich keine Bemerkung über den Ort
in Charlottenburg aus. — Als Nachtfahrten sind nur solche gezählt, welche die ganze Nacht oder
früh um oder vor Sonnen-Aufgang begannen. Diese

*) Der Registrir-Ballon Cirrus war bei seiner 4. (der 45.) Fahrt mit einer Vorrichtung versehen,

†) Grösse der Ballons: „Majestic" 3000 C.-M. (Englischer Privatballon). „Phönix" 2600 C.-M. „Hum
Militär-Ballons). „M. W." 1180 C.-M. (Vorbereitungsballon, 1891). „Posen" 1000 C.-M. (Militärballon)

Fahrt-Länge Kilometer	Maximal-Höhe Meter	Tiefste Temperatur C°	Mittlere Geschwindigkeit Meter p. Sek.	Führer des Ballons	Theilnehmer resp. Beobachter	Bemerkungen
215	2473	+ 5,6	11,9	Opitz	Kremser, v. Sigsfeld	Auffahrt v. d. Schöneb. G.-A.
139	1330	— 0,6	12,9	Gross	Assmann, v. Killisch	Auffahrtsort: Schöneberger
54	1805	— 6,0	3,5	Gross	Assmann	Gas-Anstalt.
89	1720	+ 4,8	9,1	Gurlitt	Berson, v. Killisch	Auffahrt v. d. Schöneb. G.-A.
34	1240	+ 8,5	8,1	Gross	Berson, Rotch	
90	1370	— 2,8	7,7	Gross	Berson, v. Killisch	Auffahrt v. d. Schöneb. G.-A.
						Zu 6. Erste Fahrt d. grossen
202½	4355	— 17,8	9,0	Gross	Assmann, Kremser	Ballons in Anwesenheit
250	**6105**	— 27,6	18,4	Gross	Berson	Ihrer Majestäten.
275	3590	— 9,6	8,5	Gross	Berson, Süring	Entnehmen v. Luftproben.
320	5215	— 19,0	10,4	Gross	Berson, Köbke	
150	4565	— 16,0	5,6	Gross	Berson, Baschin	
370	4265	— 11,6	9,3	Gross	Berson, Süring	1. Frühfahrt.
						Zu 12.: 1te Nachtfahrt; gleichzeitige schwedische Fahrt von Stockholm.
185	1930	+ 4,3	5,6	Gross	Berson	
390	4210	— 4,0	15,1	Gross	Berson	2. Frühfahrt.
185	3790	+ 1,6	5,5	Gross	Berson, Börnstein	1. Fahrt mit elektr. Beobachtungen
325	3330	— 10,9	9,2	Gross	Berson	2. Nachtfahrt.
345	3950	— 6,5	11,9	Gross	Berson, Börnstein	2. Fahrt mit elektr. Beobachtungen.
240	**6060**	— 26,0	10,9	Gross	Berson	500 Cub. M. Wasserstoff beigemischt;
300	4100	— 13,0	7,8	Gross	Berson	v. d. Luftschiffer-Abtheilung aus.
255	3380	— 22,0	**18,6**	Gross	Berson, Süring	Zu 18. 3. Frühfahrt.
275	3210	— 14,1	10,4	Gross	Berson, Köhke	Mit Meteorographen 500 Meter unter dem Korbe.
205	5015	— 15,4	11,4	Gross	Berson	
385	4050	— **29,5**	13,2	Gross	Berson, Baschin	3. Fahrt mit elektr. Beobachtungen.
315	4365	— 21,5	12,7	Gross	Berson, Nieber	
						Zu 24. 8. Nachtfahrt.
345	2470	— 2,2	9,6	Gross	Berson, Sperling	Zu 25. 500 Cub.-M. Wasserstoff beigemischt v. d. Luftschiffer Abt. aus.
145	4915	— 15,2	6,0	Gross	Berson, Nieber	Mit reinem Wasserstoff v. d. L.-A.
200	**7930**	— **36,5**	13,4	Gross	Berson	Gleichzeitige 3fache Fahrt; in Anwesenheit Sr. Majestät.
45	1765	+ 1,4	5,4	Sperling	Süring	
2	ca. 700	+ 7°	ca. 5,0	unbemannt		Cirrus beim Aufstieg durch Zufall aufgerissen.
105	3375	— 5,0	**4,6**	Berson		Mit Wasserstoff v. d. Luftsch.-Abth.
305	4665	— 16,6	11,8	Sperling	Berson, Baschin	4. Frühfahrt.
310	5275	— 9,5	6,0	Berson	Süring	5. Frühfahrt u. Dauer-Fahrt.
515	3850	— 1,5	7,7	Berson	Baschin	4. Nacht- (u. Dauer-) Fahrt
Über **1000**	**16325**	— **53°**	**ca. 28,0**	unbemannt		gleichzeitig.
110	1700	+ 6,7	7,3	Berson		Mit Wasserstoff v. d. Luftsch.-Abth.
405	3900	— 5,0	10,1	Gross	Berson	Gleichzeitige Fahrt v. St. Petersburg u. Gölebo.
150	3485	— 0,4	14,7	Berson	Baschin, Börnstein	4. Fahrt mit elektr. Beobachtungen.
200	**6220**	— 26,0	7,8	Berson	Becker	gleichz. Fahrt v. Petersburg
10	1100	+ 4,9	3,6	Neumann	Süring, Alexander	Gleichzeit. 3fache Fahrt, „Majestic" vorzeitig gelandet durch Versagen des Ventilschlusses.
910	**18450**	— **67°**	**ca. 37**	unbemannt		
310	5300	— 18,7	6,7	Berson	Alexander	5. Nachtfahrt.
120	3680	— 6,0	4,8	Berson		Mit Wasserstoff v. d. Luftsch.-Abth.
130	1620	— 3,5	6,1	Gross	Nieber, Berson, Maj. v. Waldenberg	Militär Fahrt mit wissenschaftlichen Beobachtungen; Wasserstoff beigemengt v. d. Luftsch.-Abth.
310	**9150**	— **47,9**	16,3	Berson		Mit reinem Wasserstoff, v. Stassfurt-Leopoldshall aus.
190	3400	— 6,2	9,6	Alexander	Süring	Gleichzeitige 3fache Fahrt.
165*)	—	—	17,9	unbemannt		Die photograph. Registrirung versagte; Höhe u. Temp. unbekannt.
490	2225	— 7,6	**20,0**	Gross	Nieber, Berson, öst. Hauptm. Trieb	Militär-Fahrt mit wissenschaftlichen Beobachtungen — Wasserstoff beigemengt — v. d. Luftsch.-Abth.

der Auffahrt findet, gingen vom Ballonplatz hinter der technisch-physikalischen Reichs-Anstalt
den grössten Theil derselben dauerten; als Frühfahrten solche, die zwischen 3 und 5½ Uhr
umfassen gelegentlich noch mehrere Nachtstunden.
die ihn in spätestens drei Stunden zur Landung bringen musste
boldt" 2500 C.-M. (Hauptballons). „Herder" 1400 C.-M. „Albatross" u. „Bussard" 1350 C.-M.
„Falke" 285 C.-M. (Ballon für Solofahrten). „Cirrus" 250 C.-M. (Registrirballon, unbemannt).

2000 bis 4000 m Höhe zusammenzuhängen. Es dürfte sich herausstellen, dass diese Erwärmung ursächlich verknüpft ist mit der vornehmlich in diesen Schichten auftretenden Condensation des Wasserdampfes zu Wolken und Niederschlägen.

4. Ferner hat sich ergeben, dass die jahreszeitliche Aenderung der Lufttemperatur zwar in Folge von Witterungsstörungen bis in beträchtliche Höhen hinaufreicht, dann aber ziemlich rasch verschwindet, um in der Höhe von etwa 7000 m einer nahezu constanten Temperatur Platz zu machen.

5. Auch in der freien Atmosphäre scheint bis zu 1000 m und mehr Höhe eine Temperaturumkehr während des Winters und in der Nacht eine regelmässige Erscheinung zu sein. Völlig neu ist die Beobachtung, dass sich eine beträchtliche Temperaturumkehr nicht selten in sehr hochliegenden Schichten von vielen hundert Metern Mächtigkeit einstellte, auch ohne dass eine Schichtung des Luftmeeres durch Wolkenbildung sichtbar wurde. In diesem Falle konnte meist eine Uebereinanderlagerung verschieden gerichteter und temperirter Luftströme nachgewiesen werden.

Wenn jedoch an diesen Grenzflächen wirklich Wolkenbildung eintrat, so erfolgte sie in der Form von Wogenwolken, wie dies nach den theoretischen Untersuchungen von Herrn von Helmholtz nicht anders zu erwarten war.

6. Die Bildung der Haufwolken im Bereiche einer barometrischen Depression reichte wiederholt bis zu ungeahnten Höhen hinauf und liess unter günstigen Bedingungen ganz deutlich die aus theoretischen Voraussetzungen zu schliessende charakteristische Neigung der oberen Wolkengrenze nach dem Rande der Depression zu erkennen.

7. Die Oberfläche einer geschlossenen Wolkenschicht verhielt sich thermisch und elektrisch in Bezug auf die Beeinflussung der darüber liegenden Luftschichten nahezu gleich der Erdoberfläche. Hierdurch wurde eine von Herrn v. Bezold zuerst ausgesprochene Vermuthung vollauf bestätigt. Ueber das zu erwartende umgekehrte thermische Verhalten während der Nachtzeit lieferte nur eine über geschlossener Wolkendecke erfolgte Nachtfahrt werthvolles Material, welches jedoch noch weiterer Bestätigung bedürfte.

8. Zum ersten Male wurde eine für die ganze Auffassung des Luftaustausches zwischen Cyclone und Anticyclone hochwichtige Abhängigkeit der Winddrehung mit zunehmender Höhe von der Annäherung an den Kern der ersteren oder letzteren in der Form eines ziemlich einfachen Gesetzes constatirt.

9. Mit ziemlicher Sicherheit wurde festgestellt, dass das elektrische Potentialgefälle mit der Höhe nicht zunimmt, wie bisher vielfach angenommen wurde, sondern abnimmt, und dass das Potential selber sich in grösseren Höhen einer Constanten zu nähern scheint. Hierdurch wird auf die Erde als einzige Quelle der Luftelektricität unzweideutig hingewiesen, und das Vorkommen freier Elektricitätsmengen in grösseren Höhen ausgeschlossen. Wolkenschichten aber scheinen, indem sie eine neue „Erdoberfläche" darstellen, hiervon Ausnahmen zu bilden.

Aufstiege des Registrir-Fesselballons „Meteor“ in Charlottenburg.

Nr.	Datum	Aufstieg	Abstieg	Dauer Std	Dauer Min.	Grösste Höhe m	Bemerkungen
	1890						
1.	29. August	6h 30′ p	7h 20′ p	—	50	200	Registrirapparate der Luftschiffer-Abtheilung.
2.	8. September	5h 0′ p	6h 55′ p	1	55	400	
3.	9. September	10h 45′ p	1h 45′ p	3	—	150	
	1891						
4.	16. Juni	10h 15′ p	2h 5′ p	3	50	572	
5.	18. Juni	11h 30′ p	12h 30′ p	1		50	
6	20. August	4h 38′ p	5h 48′ p	1	10	660	
7.	27. August	12h 0′ a	12h 55′ p		55	360	
8.	1. October	1h 30′ p	3h 50′ p	2	20	300	
9	5. October	12h 12′ p	12h 30′ p	—	18	67	
10.	8. October	11h 50′ a	1h 10′ p	1	20	330	Zu 13. Gleichzeit. Auffahrt d. Ballons M. W. in Charlottenburg.
11.	9. October	4h 0′ p	5h 34′ p	1	34	305	
12	10. October	5h 13′ p	7h 0′ p	1	47	120	
13.	24. October	10h 38′ a	2h 25′ p	3	47	708	Zu 14. Über geschlossener Wolkendecke.
14.	7. November	12h 46′ p	2h 14′ p	1	28	490	
15.	27. November	12h 17′ p	3h 0′ p	2	43	520	Gleichzeit. Auffahrt d. Ballons M. W. in Schöneberg.
16.	5. December	12h 10′ p	1h 10′ p	1	—	219	
17.	20. December	12h 19′ p	12h 32′ p	—	13	151	
18.	„	2h 1′ p	4h 8′ p	2	7	530	
19.	21. December	1h 10′ p	1h 34′ p		24	790	Ballon in 790 m Höhe geplatzt.
	1892						Zu 22. Nachtaufstieg bei —16° Lufttemperatur.
20.	9. Januar	12h 22′ p	2h 14′ p	1	52	224	
21.	21. Januar	1h 0′ p	4h 14′ p	3	14	780	Zu 23. Ballon v. Kabel abgerissen, in 2800 m Höhe geplatzt.
22.	„	4h 26′ p	11h 0′ p	6	34	767	
23.	8. März	11h 34′ a	2h 7′ p	2	33	345	
24.	17. März	7h 0′ p	12h 0′ p	5	—	127	Nachtaufstieg.

10. Der Wasserdampfgehalt der Luft wurde bei einigen Fahrten selbst in mässigen Höhen als ein unerwartet geringer — bis unter 1 % relativer Feuchtigkeit herabgehend — gefunden. Zwischen zwei Wolkenschichten wurde wiederholt eine ausserordentliche Veränderlichkeit desselben constatirt.

Nur angedeutet sei noch die ganz unerwartet gewaltige Zunahme der Windgeschwindigkeit in grossen Höhen auch bei sehr geringer Störung des atmosphärischen Gleichgewichts und schwacher Luftbewegung in den unteren Schichten, das Vorherrschen der westlichen Windcomponente in den höchsten zugänglichen Schichten, ferner die wechselseitige Unabhängigkeit zweier sich über einander bewegenden Depressionen in Bezug auf Wind, Niederschlag und Wolkenbildung. Desgleichen wurde eine Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung in grossen Höhen bei fast constanter Lufttemperatur gefunden; zugleich zeigte sich, dass die bisherigen Annahmen über die absolute Grösse der Strahlung in diesen Höhen auf ein erheblich niedrigeres Ausmass reducirt werden müssen. Unerwartet war ferner die Bildung von Schneeflocken in einer in 9000 m Höhe liegenden Schicht von Cirrostratuswolken.

Die angeführten, nur vorläufigen Ermittelungen entstammenden Punkte dürften wohl schon genügen, um erkennen zu lassen, dass eine ausserordentlich grosse Fülle von hochwichtigen Schlüssen aus dem bei unseren Experimenten angesammelten Material gezogen werden kann.

Aus demselben die Grundlage für eine berichtigte Thermodynamik des Luftmeeres, sowie für eine Art erster Klimatologie der höheren Luftschichten zu gewinnen, wird das in seiner Art bisher einzige und werthvollste Ergebniss der langen Reihe unserer Ballonfahrten bilden.

Es darf zum Schlusse nicht unerwähnt bleiben, dass der Bau zweier grosser Ballons und die Construction der hiermit zusammenhängenden Hülfsapparate aller Art, sowie die mit denselben gewonnenen reichhaltigen Erfahrungen auch der aëronautischen Technik im hohen Grade förderlich gewesen sind, was, wie von massgebender Stelle rückhaltslos anerkannt wird, auch den Arbeiten der Kgl. Luftschiffer-Abtheilung von erheblichem Nutzen geworden ist. Es sei hierbei nur des für die Vermeidung von Katastrophen, welche wiederholt vorgekommen sind, höchst wichtigen Nachweises gedacht, dass Explosionen des Ballongases durch elektrische Zündung bei den Landungen veranlasst werden können. Mit dieser Erkenntniss war auch das Mittel zur Vermeidung derselben, eine Ableitung der im Ballonstoff angesammelten Elektricität zum Erdboden, unmittelbar gegeben.

Nach den bei den eigentlichen Hochfahrten gemachten Erfahrungen dürfte es nicht mehr zu bezweifeln sein, dass die vielbesprochenen Erscheinungen der „Höhen- oder Bergkrankheit“ im Wesentlichen auf eine Verminderung des Sauerstoffs in der Athemluft, resp. auf eine verminderte Spannung desselben im Blute herauskommen. Durch ununterbrochene Athmung dieses Gases erhielt sich Berson selbst in 9150 m und bei einer Temperatur von — 48° so wohl, dass er im Stande war, die corrigirte Meereshöhe seines Ballons unter Berücksichtigung der Lufttemperatur im Kopfe auszurechnen. Unterbrach er aber die Athmung vom Sauerstoff, dann wurde er sofort von einem Ohnmachtsgefühle befallen.

Eine Fortsetzung der wissenschaftlichen Ballonfahrten, welche, wie oben schon erwähnt, zur weiteren Aufhellung mancher Punkte noch recht erwünscht wäre, wird uns durch das Entgegenkommen des Commandeurs der Kgl. Luftschiffer - Abtheilung in der Weise möglich gemacht werden, dass bei Freifahrten des nunmehr in den Besitz der Abtheilung übergegangenen Ballons „Phönix“ so oft als thunlich ein Platz für die Theilnahme eines Meteorologen unter Verwendung der gesammten wissenschaftlichen Ballon-Ausrüstung frei gehalten wird.

Dass die Gelegenheit, mit ungewöhnlich grossen Mitteln an der experimentellen Vervollkommnung wichtiger meteorologischer Apparate zu arbeiten, nicht ohne erheblichen Nutzen für die letzteren geblieben ist, dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen.

Der Berichterstatter glaubt berechtigt zu sein, im Namen aller Mitarbeiter an dem grossen Werke guten Muthes zu erklären, dass der Erfolg die aufgewandten Mittel und Mühen reichlich zu lohnen verspricht, und dass derselbe dem deutschen Namen und der deutschen Wissenschaft zur Ehre gereichen dürfte.

Die zweite Fahrt des „Humboldt", am 14. März 1893.

1. Vorbereitungen und allgemeine Fahrtbeschreibung.

Von **Gross**, Hauptmann.

Bereits seit dem 8. März lag der von seiner Probefahrt am 1. desselben Monats heil und unbeschädigt zurückgekehrte „Humboldt" zu seiner zweiten Fahrt klar. Doch das unbeständige Wetter mit viel Wind, Regen und Hagelschauern verhinderte die geplante Auffahrt und zwang mich sogar einmal, den schon dreiviertel gefüllten Ballon zu entleeren, da meine Mannschaft den Koloss nicht halten und bändigen konnte. So lagen wir, Herr Berson, der die Fahrt mit mir unternehmen sollte, und ich, tagelang auf der Lauer, ein Zustand, der namentlich meinen Begleiter, welcher damals noch ein Neuling auf dem Gebiete der Luftschiffahrt war und noch nicht jene zähe Geduld, die der Luftschiffer besitzen muss, gelernt hatte, arg verstimmte. Der ausgelegte Ballon wurde häufig nass und gefror in den Nähten, so dass ich zu seiner Schonung beschloss, den ersten Tag, an dem eine Füllung überhaupt möglich erschien, auszunutzen.

Wir hatten uns vorgenommen, bei dieser Fahrt so hoch zu steigen, als es der mit Leuchtgas gefüllte und besonders leicht montirte Ballon nur irgend zulassen würde, um dessen Leistungsfähigkeit nach dieser Richtung hin möglichst bald kennen zu lernen.

Am 14. März endlich versprach die allgemeine Wetterlage leidliche Bedingungen für die Fahrt, so dass ich den Ballon in der Nacht füllen liess. Das während der Füllung günstige Wetter änderte sich bald, noch ehe der Morgen graute; der anfangs feine Regen wurde dichter und dichter und artete schliesslich in einen Landregen aus, als der Ballon gegen 11 Uhr Vormittags gefüllt war. Wir beschlossen trotzdem die Hochfahrt auszuführen, wenngleich die Bedingungen für dieselbe die denkbar schlechtesten waren, da es meteorologisch gerade interessant war, auch bei solchem Wetter den Zustand der Atmosphäre kennen zu lernen.

Der Ballon, welcher vollständig von Nässe triefte, stand unbeweglich, da absolute Windstille auf der Erde herrschte, während ein Blick auf den bleigrauen Himmel uns belehrte, dass dort oben ein ziemlich kräftiger SW-Wind wehte, der die sich aus dem eintönigen Grau abhebenden dunklen Regenwolken vor sich her trieb.

Der Ballon war so leicht als nur irgend möglich mit kleinem Ringe und Korbe montirt, in welchem ausser uns Beiden die 27 Säcke Ballast, welche wir mitführten, kaum Platz fanden. Auch an Instrumenten hatten wir uns auf das Allernothwendigste beschränkt: Aspirations-Psychrometer,

Quecksilber-Barometer, Aneroid, Barograph, Strahlungs-Thermometer und ein photographischer Apparat bildeten unsere ganze Ausrüstung.

11^{31} Uhr Vormittags stieg der „Humboldt“ mit Herrn Berson und mir an Bord zu dem bleigrauen Himmel empor, seinen Curs nach NO nehmend. Schon an der ersten tiefliegenden Wolkendecke in 3—400 m Höhe, aus welcher der Regen sehr ergiebig floss, prallte der Ballon gleichsam ab. Ich musste einen Centner Ballast opfern, um ihn über diese verhältnissmässig nur dünnen Cumulus-Wolken, durch deren Lücken wir noch Theile Berlins in trübem Lichte erkennen konnten, zu heben. Ueber uns lag undurchdringlich erscheinend eine ganz gleichmässige, schmutzig grau gefärbte Wolkendecke. Diese musste unter allen Umständen durchdrungen werden, um den Ballon, welcher immer noch neue Wassermassen aufnahm, an der Sonne zu trocknen. Wir hielten uns daher nur kurze Zeit in dem Zwischenraume beider Wolkenschichten auf, wo es nicht regnete und so schwül wurde, dass wir die durchnässten Mäntel auszogen. Kaum in die obere Wolkendecke eingetreten, wurden wir von Neuem mit Regen überschüttet. Indessen mehr Wasser konnte der „Humboldt“ nun nicht mehr aufnehmen. Dasselbe floss vielmehr in Strömen am Stoff und an den Auslaufleinen herab und störte uns sowohl in der Arbeit als auch im allgemeinen Wohlbehagen, da die Instrumente und wir selbst vollständig nass wurden. Einen schweren Sack nach dem andern stürzte ich mühsam über Bord; unaufhaltsam drang der Ballon aufwärts. Der Regen wurde feiner und feiner, er verwandelte sich schliesslich in feinen nassen Staub, der nur noch auf dem dunklen Untergrunde meiner Uniform sichtbar blieb. Lichter und lichter wurde es um uns, schon verspürten wir die nahende Sonnenwärme, aber immer noch nicht, obgleich ich bereits 11 schwere Säcke Sand geopfert hatte, wollte die Wolke ein Ende nehmen. Schon fürchtete ich, dass wir uns der feuchten Umarmung dieser Riesenwolkenschicht, die ich mächtiger nur noch bei unserer Hochfahrt auf 8000 m am 11. Mai 1894 angetroffen habe, nicht würden entziehen können, da trat plötzlich der Ballon aus dem Wolkenmeere heraus. Eine Fluth blendenden Lichtes ergoss sich über uns, die Sonne brannte in seltener Reinheit von dem tief dunkelblauen Himmel hernieder, den nur noch einzelne Cirrus-Wölkchen in unerreichter Höhe trübten. Wir waren 2500 m hoch. Die Wolkenschicht hatte also eine Mächtigkeit von über 2000 m; auf ihrer sehr ebenen Oberfläche schwamm zunächst der Ballon geraume Zeit, so dass wir genaue Messungen gerade an dieser interessantesten Schicht vornehmen konnten. Von dem Wolkenmeere wurde ein feiner deutlich sichtbarer Dunstschleier nach oben hin ausgestrahlt, der aus kleinen Nebeltröpfchen bestand, obgleich die Temperatur längst unter 0° gesunken war. Sehr bald begann das Wasser am Ballon sichtbar zu verdampfen, selbst unsere Kleidungsstücke schienen zu rauchen, so rapide verdunstete die Nässe an uns. Erleichtert stieg der „Humboldt“ langsam aber stetig ohne jeden Ballast-Auswurf auf 3100 m

wo er zunächst seine Gleichgewichtslage fand. Um uns herum flimmerte und glitzerte die Luft, wir befanden uns in einer Eiskrystallschicht. Die Sonne spiegelte sich in diesem Diamantstaub und warf uns ihr Reflexbild entgegen. Es gelang mir, hiervon eine höchst interessante photographische Aufnahme zu machen. Jetzt galt es, mit dem Rest des Ballastes — ich besass noch 16 Säcke davon — den Ballon so hoch als möglich hinauf zu treiben. Sack auf Sack wurde ausgeschüttet, sobald Herr Berson erklärte, dass er von 100 zu 100 m seine Messungen vollendet habe; kein Wort der Unterhaltung unterbrach die erhabene Ruhe und Grossartigkeit dieser seltenen Scenerie. Die Besorgniss, dass wir mit nicht bekannter Geschwindigkeit dem Meere zutreiben könnten, die mich bei den späteren Fahrten oft zu vorzeitiger Landung bestimmte, kam uns nicht einmal in den Sinn. Thatsächlich wären wir bei der Landung längst über der Ostsee gewesen, wenn wir einen mehr nach Norden gerichteten Curs eingeschlagen hätten, da der Ballon in der Stunde über 60 km zurücklegte. Kurz nach 2 Uhr hatten wir die Höhe des Mont-Blanc überschritten, mit Bangen sah ich meinen Ballast zusammenschmelzen. Mein Herz begann jetzt stürmisch zu schlagen, ich spürte sein Pochen durch die Lederjacke und den Waffenrock hindurch deutlich, der Athem wurde mir knapp, ich fühlte nach jedem Heben eines Sandsackes, wie meine Kräfte erlahmten. Eine träge Müdigkeit und Abspannung befiel mich, ich musste mich setzen, um mich zu erholen. Ich versuchte zur Stärkung etwas Fleisch und Cognac zu mir zu nehmen, indessen verweigerte der Magen die Annahme desselben. Als wir 6000 m erreicht hatten, war ich einer Ohnmacht nahe, nur noch die Energie sowie das Bewusstsein der Gefahr und der Verantwortung besiegte die körperliche Schwäche. Die Hand wollte nicht mehr das schreiben, was der Geist dictirte; 2 Finger waren mir bereits vollständig abgestorben. Ich gab Herrn Berson die Ventilleine in die Hand mit der Bitte, sie zu ziehen, wenn ich ohnmächtig werden sollte, dann schüttete ich den letzten Sack aus, den ich noch opfern zu können glaubte. Der Ballon erreichte 6100 m und begann hierauf bald zu sinken. Ich durfte ihn nicht höher zu treiben versuchen, da ich nur noch 5 Sack Ballast besass, die ich zur Milderung des Falles aus dieser Höhe haben zu müssen glaubte. Ich wurde wieder ganz munter jetzt, während Herr Berson, welcher bisher viel frischer geblieben war, als ich, zu leiden begann. Zunächst fiel der Ballon mit normaler Geschwindigkeit von etwa 2 pro Secunde, die sich bald auf 3 m steigerte. Ich schloss das untere Ventil des Ballons und machte meinen Begleiter noch auf die fallschirmartige Wirkung des unteren Theiles des nicht mehr voll gefüllten Ballons aufmerksam. Bei 4000 m Höhe angelangt waren wir Beide wieder ziemlich frisch und machten noch unsere Beobachtungen, dann noch einmal bei 3200 m, ehe wir die Instrumente verpackten und an dem Flaschenzuge nach dem Netz hinauf hissten. Plötzlich hörte ich einen pfeifenden Ton über uns, gleichzeitig begann der Ballon mit immer mehr

sich steigernder Geschwindigkeit zu fallen und der Stoff des Ballons unheimlich zu rauschen. Ich sah bestürzt nach dem Ballon hinauf, der bald eine erschreckende Form annahm und sich auf die Seite neigte. Zu meinem Entsetzen bemerkte ich, dass die Leine des grossen Entleerungsventils in Zug gekommen war und dasselbe so weit geöffnet hatte, dass die Sperrfedern eingeschnappt waren. Das Ventil war somit voll geöffnet, ohne dass ich ein Mittel besass, dasselbe wieder zu schliessen. Die Ventilleine, welche bei der Auffahrt mit genügendem Durchhang an einen Knebel des Ringes befestigt worden war, war in Zug gekommen, nachdem unter dem Einfluss der Sonne das trocknende Netz sich gestreckt hatte. Die Situation war eine kritische, wir hielten uns Beide für verloren, als der Ballon jetzt mit rasender Geschwindigkeit in die Wolken hinein stürzte, wo wir uns noch in ca. 2500 m Höhe befanden. Ich entsinne mich nur noch dunkel dessen, was ich that, wie ich sämmtlichen Ballast hinausstürzte und auf den Korbrand kletterte, um mit dem Messer die Füllansatzleine durchzuschneiden, und so den Ballon zu einem Fallschirme umzugestalten. Als ich gerade versuchte, den Verpackungsplan abzuschneiden, welcher zusammengerollt am Ring hing, wurde es mir dunkel vor den Augen, ich hörte nur noch Herrn Berson rufen: „Herr Lieutenant, wir sind verloren!" Dann raste die Erde auf uns zu, ein furchtbarer Ruck, ein Krachen erfolgte, wie wenn Alles zersplitterte, dann wurde es still und finster um uns. Als ich die Augen wieder aufschlug und zu meiner Freude constatirte, dass meine und Herrn Berson's Gliedmassen heil geblieben waren, krochen wir unter sehr starken Schmerzen unter dem auf uns gefallenen Ballon hervor. Derselbe lag nur noch höchstens $^{1}/_{4}$ gefüllt auf dem Korbe, den er vollständig bedeckte, daneben der Anker und das Schlepptau, dicht neben einer Chaussee am Rande eines Wäldchens. Zunächst war kein Mensch anwesend, erst später näherten sich zögernd einige Bauern, welche den Ballon aus den Wolken hatten stürzen sehen und ganz verwundert schienen, dass wir Beide noch lebten. Herr Berson konnte zunächst nicht stehen, auch hatte er die Sprache verloren, er sah entsetzlich aus, so dass ich fürchtete, dass er eine schwere innere Verletzung davongetragen haben möchte; ich selbst konnte mich, allerdings nur unter grossen Schmerzen und mit grosser Mühe, um die Verpackung des Ballons kümmern und den immer zahlreicher herbeieilenden Menschen die nöthigen Anweisungen geben. Wir befanden uns bei dem Dorfe Bornchowow unweit der Stadt Rogasen, wohin uns und den Ballon bald ein Bauernwagen führte. Bei der Fahrt auf dem harten Wagen und schlechtem Wege hatten wir sehr zu leiden, da jeder Stoss uns sehr heftige Schmerzen verursachte. Der sofort herbeigerufene Arzt constatirte zu unserer grossen Freude, dass wir nicht schwer verletzt seien, sondern nur Zerrungen und kleinere Quetschungen davongetragen hätten. Nachdem wir 13 Stunden in Rogasen im Bett verblieben waren, konnten wir die Rückreise nach Berlin antreten. Herr Berson erholte sich bald, ich selbst hatte noch fast ein halbes Jahr

an Schmerzen im Kreuz zu leiden, auch trage ich heute noch ein Andenken an jene entsetzliche Landung in Gestalt eines gebrochenen Brustbeines.

Diese zweite Fahrt des „Humboldt" bietet ausser ihren reichen meteorologischen Ergebnissen, welche besonders behandelt werden sollen, ungemein viel Lehrreiches auf aëronautischem Gebiete; sie gab Veranlassung zu wesentlichen Verbesserungen des Ballonmaterials und mahnte mich zu grösserer Vorsicht bei der Führung eines so mächtigen Ballons in so bedeutenden Höhen.

Zunächst wurde das grosse Landungsventil der Verbesserung unterzogen. So angenehm es bei der Entleerung des Ballons war, dass dasselbe, wenn voll aufgezogen, in geöffneter Stellung verblieb, so nothwendig erschien es nach den Erfahrungen dieser Fahrt, eine Vorkehrung zu ersinnen, die es gestattete, vom Korbe aus durch ein weiteres Ziehen der Ventilleine das geöffnete Ventil wieder zu schliessen. Nach wochenlangen Versuchen gelang es, eine verhältnissmässig einfache und sicher functionirende Construction zu finden, welche seiner Zeit bei der Beschreibung unseres Ballonmaterials in Wort und Zeichnung geschildert ist. Als ich später bei dem Bau des „Phönix" die neue Reissvorrichtung construirte und einführte, wurde hierdurch diese Vorkehrung am Ventil überflüssig und daher auch wieder beseitigt. Ich hatte ferner eingesehen, dass das Heben und Ausschütten der schweren Sandsäcke eine den Körper in grossen Höhen so anstrengende und so ermattende Arbeit sei, dass auch hierin Wandel geschaffen werden müsse. Dass ich schon in einer Höhe von 5—6000 m einer Ohnmacht nahe war, ist lediglich der schweren Arbeit und körperlichen Anstrengung zuzuschieben. Ein Vergleich mit dem ungleich frischeren Herrn Berson, welcher keine körperliche Arbeit auszuführen hatte, lehrte mich dieses, auch fand ich bei meinen späteren Hochfahrten bis auf 8000 m Höhe meine Wahrnehmung bestätigt. Interessant ist es z. B., dass wir beide kaum noch im Stande waren, in 7000 m Höhe 25 kg 1 m hoch zu heben, eine Arbeit, die ich allein in 3000 m Höhe noch ohne sonderliche Anstrengung und auf der Erde spielend leiste.

Ich brachte daher die schweren Sandsäcke an der Aussenwand des Korbes so an, dass dieselben bei dem Durchschneiden einer Leine sich selbst überschlugen und entleerten, eine Anordnung, welche sich vortrefflich bewährte, und die lästige Arbeit des Hebens der Säcke vollständig beseitigt. Ich machte es mir ferner zu Pflicht, bei den späteren Fahrten die Ventilleinen, die Reissleine und die Füllansatzleinen dauernd unter Aufsicht zu nehmen und gewöhnte es mir an, bei jeder Barometer-Ablesung laut die 3 Worte auszurufen: „Ventilleine, Reissleine, Füllansatzleine." So komisch das klingen mag, so richtig war der Gedanke dabei; denn in jenen Höhen folgt der Körper nicht mehr so unbedingt dem menschlichen Willen, er

wird träge und schlaff und bedarf dauernd der Anspornung, wie ein Pferd, welches bis an die Grenze seiner Kraft angestrengt wird. Interessant ist ferner für den Arzt und den Physiologen der Einfluss der Höhe auf den menschlichen Organismus bei dieser Fahrt. Das erste Anzeichen der Wirkung der verdünnten Atmosphäre besteht in einer fühlbaren Zunahme der Herzthätigkeit, welche namentlich selbst bei der geringsten körperlichen Arbeitsleistung z. B. beim Bücken, beim Heben von Lasten, beim Bedienen einer Leine sehr schnell und stark zunimmt. Sodann tritt Athemnoth ein, das Bedürfniss, oft tief Athem zu holen, ohne hierdurch eine wesentliche Erleichterung zu verspüren. Der Körper verfällt dann bei weiterer Abnahme des Luftdruckes in einen Zustand immer mehr sich steigernder Erschlaffung und Apathie, ohne dass dieser Zustand ein besonders lästiger wäre: ich möchte ihn eher angenehm bezeichnen, ganz ähnlich dem unmittelbar vor dem Einschlafen. Die Augenlider werden schwer und schliessen sich, die Glieder führen das nicht mehr aus, was der Geist und die Energie will und vorschreibt. Als Beispiel möchte ich hier anführen, dass wir Beide, obwohl wir entsetzlich froren, denn es waren — 27° C., die vor uns liegenden Pelzstiefel und Pelze nicht anzogen, obgleich wir uns gegenseitig dazu ermunterten; ferner, dass ich nicht mehr leserlich, später garnicht mehr schreiben konnte und die Linien meines Tagebuches dauernd verwechselte. Alle diese Symptome der Erschlaffung wiederholten sich bei unseren späteren Hochfahrten und steigerten sich in geradezu bedenklicher Weise bei der Fahrt auf 8000 m am 11. Mai 1894, auf die wir noch später bei der weiteren Bearbeitung der Fahrten zurückkommen werden. Erst die Mitführung und künstliche Einathmung von Sauerstoff erleichterte uns ganz wesentlich unsere späteren Hochfahrten.

Die Fahrt hatte mir ferner gezeigt, dass der „Humboldt“ ein durchaus leistungsfähiger Ballon war — hatte er uns doch mit Leuchtgas gefüllt auf über 6000 m getragen, obgleich er vollständig durchnässt war; wir konnten also getrost hoffen, mit diesem Ballon, wenn wir ihn mit Wasserstoffgas füllen würden, die überhaupt für uns erreichbare Höhe ersteigen zu können. Leider sollte dieser schöne Ballon nicht berufen sein, uns noch lange zu dienen, da ihm nur noch 4 Fahrten beschieden waren. Erst sein Nachfolger, der „Phönix“, trug uns in jene Höhen hinauf, die dem Menschen überhaupt noch zugänglich sind.

So war denn auch die zweite Fahrt des „Humboldt“ keine ganz glatte und normale zu nennen, ebensowenig wie die erste; erst nachdem auch bei der dritten Fahrt eine Havarie am Ballon bei der Auffahrt glücklich überwunden war, schien der Bann gebrochen, der auf unserem Unternehmen ruhte, so dass, von der Zerstörung des „Humboldt“ bei seiner sechsten Fahrt abgesehen, sämmtliche weitere Fahrten durchaus gut und sicher verliefen.

2. Uebersicht der meteorologischen Ergebnisse.

Von **A. Berson.**

Das Schwergewicht der zweiten Auffahrt des Ballons „Humboldt“ liegt nicht nur vom aëronautischen sondern auch vom meteorologischen Standpunkte aus in der erheblichen nun erreichten Höhe. Wie bereits der erste Aufstieg des grossen Ballons dessen Insassen um etwa 2000 m höher hinaufgetragen hatte, als die wissenschaftlichen von Berlin mit den verbesserten Instrumenten unternommenen Luftfahrten bis dahin geführt, so gelang es jetzt diese Höhe beinahe noch einmal um den gleichen Betrag, oder genauer um 1750 m zu übertreffen. Es wurden dadurch zum erstenmale in der Reihe deutscher Luftfahrten zu Forschungszwecken mit einwandsfreien Apparaten zur Messung von Lufttemperatur und Feuchtigkeit die mittleren atmosphärischen Schichten in ihrer ganzen verticalen Erstreckung durchschnitten und jene Höhen, wo die Dichtigkeit der Luft bereits unter die Hälfte derjenigen am Erdboden sinkt, die Region vorherrschender grösserer Trockenheit und starker Insolation, die Region der altocumuli und altostrati, der cirrocumuli und der unteren cirrostrati betreten.

Aus diesem Grunde war auch diese Fahrt in gewissem Sinne noch eine Probefahrt. Es musste sich herausstellen, inwiefern sich die Bedienung der Instrumente, die ganze systematische Beobachtungsmethode durchführen lässt, wenn erst grosse Luftverdünnung und Kälte erschwerend, Beobachter (und theilweise auch Apparate) beeinflussend hinzutritt.

Es kann hier aus inneren und äusseren Gründen nicht auf alle Ergebnisse dieser Fahrt in erschöpfender Ausführlichkeit eingegangen werden. Die durchdringende Detaildarstellung wird ihren Platz in dem nun mehrseitig in Angriff genommenen Special-Werke finden, welches bestimmt ist die Gesammt-Ergebnisse des wissenschaftlichen Ballonunternehmens unseres Berliner Vereines der Oeffentlichkeit zu übergeben; auch erübrigt sich bei der vielfach gleichbleibenden Methodik der Beobachtung das Eingehen auf zahlreiche principielle Fragen von selbst, da sie bereits in den voraufgegangenen Fahrtdarstellungen von Prof. Assmann und Kremser auseinandergesetzt worden sind. —

Das hauptsächliche, hochwichtige Resultat der Fahrt lag, wie hier gleich vorweg betont werden mag, in dem unerwartet anderen Bilde, welches die verticale Temperaturvertheilung in den mittleren und höheren Schichten bot, im Gegensatze zu demjenigen, welches man nach den bisherigen auf Glaisher's Fahrten fussenden Annahmen erwarten musste. Desswegen soll denn auch in der folgenden Darstellung hauptsächlich dieser Punkt, für den gleich die erste hohe Fahrt überraschende, durch alle späteren

Aufstiege in jene Höhen durchaus bestätigte Aufschlüsse gebracht hat, erörtert werden; nur kürzer werde ich dagegen auf die Feuchtigkeit und Windverhältnisse, sowie auf Insolation etc. eingehen.

Was nun die Apparate und die Beobachtungsmethode bei dieser Fahrt anbelangt, so ist es durch systematische gleichzeitige Ablesungen gelungen, diesesmal genügende direkte Ablesungen des Luftdrucks am Aneroid, welches in häufiger Vergleichung mit dem Quecksilberbarometer gehalten wurde, zu erlangen, um die Werthe für Luftdruck bezw. Höhe ausschliesslich daraus abzuleiten. Der Richard'sche Barograph, den wir am 1. und 14. März und auch später immer mitführten, ist zwar als ein in seiner Art vortreffliches Instrument erprobt worden, als fahrtechnisches Hülfsmittel unersetzbar, für Interpolation, Ermittelung des Ganges und Kontrolle sehr brauchbar. Aber die absoluten Luftdruckangaben desselben waren nur mit Vorsicht zu gebrauchen. Kleinheit der Theilung (bei einem Instrumente, welches eine Luftdruckskala von 780 bis unterhalb 200 mm zu umfassen hatte, unvermeidlich), mangelnde Temperatur-Compensation, ein nicht gegen alle Stösse, schiefe Lage und Wärmeänderungen unempfindlicher Gang der Uhr und ein ausserdem vorhandener Theilungsfehler erwiesen sich als die störenden Momente. Nach allen späteren Erfahrungen eilte der Apparat zunächst in der Regel der Druckabnahme vor, d. h. er erforderte eine positive Druckcorrection, kam bei Drucken unter 400 mm nun gewöhnlich etwa auf den wahren Stand und erst in den grössten Höhen überwog schliesslich (bei dem gewöhnlichen, fast andauernden Steigen des Ballons) das Nachhinken der Aneroiddosen über Temperatur- und Theilungsfehler, so dass sich nun eine nicht grosse negative Correction einstellte.

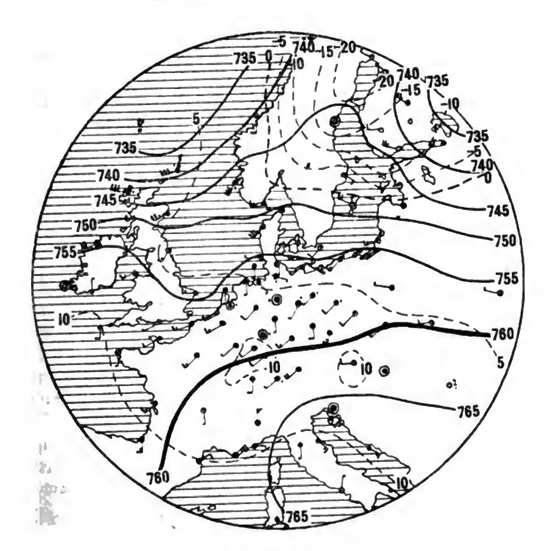
Die sämmtlichen in der nun folgenden ausführlichen Tabelle II gegebenen Luftdruckwerthe sind entweder (besonders regelmässig in den grössten Höhen) direkt am Quecksilberbarometer abgelesen — und selbstredend auf 0° reducirt — oder an dem Aneroid Bohne 1753, dessen Correction bei dem schnellen Steigen in der Gegend von 350 mm und bei — 27° Lufttemperatur (offenbar war die Compensation nicht vollständig) bis auf — 12 bis — 13 mm anstieg. Jedoch war dieselbe erst unter 400 mm und bei der grossen Kälte schnell gewachsen — noch bei 4000 m wich es nur um $5^1/_2$, bei 2500 nm 3 mm von dem Hg. Barometer ab. Auch zeigte das Anwachsen der Correction einen recht regelmässigen beschleunigten Gang. Trotzdem wurde in den Höhen über 5000 m jedesmal das Quecksilberbarometer abgelesen. Es muss hier hervorgehoben werden, um allen Zweifeln zu begegnen, dass uns schon damals die Einwirkung, welche eine jede Aenderung der verticalen Beschleunigung des Ballons auf den Stand des Hg. Barometers hervorbringen muss, wohlbekannt und auch rechnerisch ermittelt worden war, und dass aus diesem Grunde vor allem, dann auch um das die Ablesung so erschwerende Pumpen des Quecksilbers zu vermeiden,

das Instrument bei allen unseren Fahrten principiell nur bei verticaler Ruhelage des Ballons abgelesen wurde und zwar, nachdem dieselbe bereits ein paar Augenblicke gedauert hatte.

Wegen der Beobachtungen der Temperatur, Feuchtigkeit, Strahlung u. s. w. sei nur auf die Arbeiten der Herren Prof. Assmann und Prof. Kremser, sowie auf die an den betreffenden Stellen weiter unten gegebenen Erläuterungen verwiesen.

Die Witterungslage.

Dieselbe ist so einfach, entspricht so sehr einem zu allen Jahreszeiten in Mitteleuropa oft auftretenden Typus und zeigt auch so wenig Aenderungen im Laufe der ganzen in Frage kommenden Zeit, dass eine ganz kurze Schilderung, unter Verweisung auf die hier beifolgende Karte der Seewarte für 8^a, sowie die drei, aus den Beobachtungen der telegraphisch aufgeforderten Stationen construirten, in Tafel II gegebenen Karten für $11^1/_2{}^a$ (Aufstieg), 1^p (etwa Mitte der Fahrt) und 3^p (kurz vor der Landung), wohl zur Orientirung genügen wird.



14. März 1893, 8 a.



Nur vorübergehend hatte ein barometrisches Maximum in der ersten Märzwoche über Centraleuropa geweilt, worauf eine Reihe von tiefen Depressionen, vom Ocean her den Norden des Erdtheils durchziehend, für die Witterung bis an das Mittelmeer entscheidend wurde. So lag wieder am Abende des 13. März ein Minimum von unter 730 mm über Finnland, über dem Meerbusen stürmische NW-Winde hervorrufend, als bereits rückdrehende Winde über Schottland und Irland das Herannahen einer neuen Depression verkündeten. Am 14. März früh liegt der Kern der letzteren auf dem Meere nördlich der Shetlands, während das ältere Minimum mit seinem Centrum nach dem Weissen Meere fortgeschritten ist. Das im Rücken dieser östlichen Depression vielfach eingetretene Aufklaren hat bereits am Morgen fast überall der Wolkendecke der neuen Depression Platz gemacht. In Deutschland herrscht bei schwacher bis mässiger Luftbewegung (von dem Maximum über der Adria bis an die deutschen Küsten sind die Gradienten nicht gross) aus dem Südwest-Quadranten vielfach Regenwetter, im Binnenlande durchweg bedeckter Himmel — die Isobaren verlaufen fast westöstlich. Die Morgentemperaturen liegen zwischen 7 und 10°, nur an der Ostseeküste ist es um mehrere Grade kälter. Diese Wetterlage ist zur Zeit des Aufstiegs (11^a 31) kaum geändert; nur im Südwesten von Berlin sind die Temperaturen gestiegen (bis auf 14° in Thüringen) und nimmt die Wärme nach NE zu rasch ab. Die Isobaren machen alle an einer Linie, die von Schlesien gegen die Neustädter Bucht verläuft, eine Wendung nach Nord, um etwa einen Breitengrad nördlicher wieder nach Ost zu schwenken, so dass ein Theilminimum an der Oder angedeutet ist. Infolge dessen wehen dort die Winde mehr aus einer südlichen Richtung; in Landsberg a. W. — etwa an der Ballonbahn gelegen — sogar aus SE. In Berlin fällt den ganzen Morgen bis zur Abfahrt Regen, der zeitweise in leichtes Tröpfeln übergeht; dabei ist es etwas neblig.

Auch während der ganzen Dauer der Fahrt tritt keine irgendwie nennenswerthe Aenderung dieses Witterungszustandes ein. Noch am Abend (ja noch am Morgen des 15.) liegt das Hauptminimum fast unverrückt vor der mittelnorwegischen Küste; über Nord-Deutschland hat sich der tiefe Druck zum Nachmittag etwas landeinwärts in südöstlicher Richtung vorgeschoben und das vorerwähnte schwache Theilminimum hat die Oder überschritten. Nur an der Ostseeküste herrscht mehrfach heiteres, doch recht kühles Wetter — sonst hält die schwere Bewölkung bei schwachen südwestlichen Winden und vielfachen Regenfällen an. Grössere Windstärke, 3—4, gelegentlich auch 5, herrscht in dem Gebiete zwischen Elbe und Weichsel nur im Südwesten (Magdeburg 7—9½ m. p. S.) und in Niederschlesien.

Die folgende kleine Tabelle giebt die meteorologischen Elemente für den ungefähren Fusspunkt der wahrscheinlichen Ballonbahn (siehe deswegen unten bei „Windverhältnisse“). Die Werthe sind gegeben nach den direkten

Beobachtungen der Stationen Berlin (und Charlottenburg, Ballonplatz) nebst Potsdam, Blankenburg, Frankfurt a. O., Landsberg a. W., Samter nebst Paprotsch und Posen, natürlich wo nöthig unter Berücksichtigung der bestehenden, in den Kärtchen der Tafel II. erscheinenden Vertheilung. Die Ausgleichung bei dem Uebergange von einer Station zur anderen machte kaum Schwierigkeiten bei der grossen Gleichartigkeit der Witterung über dem ganzen Lande: nur auf den starken Temperaturgradienten von SW nach NE musste speciell Rücksicht genommen werden.

Tabelle I.

Meteorologische Elemente für die Fusspunkte der Ballonbahn des 14. März 1895.

Zeit	11^{30}	11^{45}	12^{00}	12^{15}	12^{30}	12^{45}	1^{00}	1^{15}	1^{30}	1^{45}	2^{00}	2^{15}	2^{30}	2^{45}	3^{00}	3^{15}	3^{30}
Luftdr. (N.N.)	755 9	55.7	55.4	55.5	55.7	55.8	55.5	55.1	55.7	55.8	56.0	56.0	56.1	56.2	56.0	55.8	55.6
Temperatur	8.7	8.8	9.0	9.5	9.3	8.6	8.4	8.0	7.8	7.4	7.0	7.1	7.2	7.4	7.5	7.6	7.6
(in Höhe v. m)	85	35	35	35	40	50	55	60	60	65	70	70	75	82	82	82	82
Dampfdruck	7.7	7.9	8.0	8 5	7.4	7.4	7.7	7.5	7.6	7.4	7.4	7.4	7.5	7.7	7.6	7.7	7.7
Relat. Feuchtigkeit. . .	92	93	95	96	85	89	93	93	96	96	99	99	99	100	99	99	9
Wind.	WSW_1	SW_2	SW_2	SSW_1	SW_1	SW_1	SW_1	SW_1	S^1	SSE_1	SF_1	SE_1	SE_2	S_1	S_1	S_1	S_1
Bewölkung .	10^1	10^1	10^1	10^2	10^1	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2	10^2
Niederschlag	Rg.Tr. aufhör.	RgTr. ^{0}	RgTr. ^{0}	Rg^3 ^{0}	RgTr. ^{0}	RgTr. ^{0}	Rg^0	Rg^0	Rg^0	Rg^0	Rg^0 $≡^1$	Rg^0 $≡^1$	Rg^0 $≡^2$	Rg^9 $≡^2$	— $≡^0$	— $≡^0$	—

Die folgende Tabelle II giebt die direkten im Ballon beobachteten Werthe nebst den Hauptelementen (Druck und Temperatur) für den Fusspunkt. Hierzu sei Folgendes bemerkt:

Die Luftdruckwerthe sind, wo sie am Aneroid abgelesen wurden (was bis 2000 m durchweg der Fall war), auf das Hg. Barometer reducirt. Diejenigen für die Erde sind auf N. N. reducirt, nicht dagegen die Temperaturen auf der Erde. Die Vergleichung niedrig und höher gelegener Stationen lehrte unter Zuziehung des im Ballon Wahrgenommenen, dass an jenem Tage und in dem fraglichen Gebiete von einer regelmässigen Temperaturabnahme mit der Höhe in den untersten 100 m (und die Höhe der Fusspunkte schwankt nur zwischen 35 und 80 m) keine Rede sein konnte. Eine Reduction wäre in dem Falle ein schablonenhaftes Verfahren, das keiner actuell vorhandenen physikalischen Thatsache entsprechen würde. Es sind also die thatsächlichen Temperaturen angegeben; bei Berechnung der mittleren Temperatur-Abnahme mit der Höhe sind natürlich die geringen Aenderungen der Höhe dieser „Basis“ berücksichtigt. Für die Höhen-Berechnungen dieser und aller folgenden Fahrten wurde, um der Wahrheit näher zu kommen, wegen des Temperaturfactors stets die Höhe der Luftsäule von einer Beobachtung zu anderen berechnet, unter fortwährender Correction für die Aenderung der Temperatur unten

Zeit	Reduc. Luftdruck in mm oben (Ballon)	Reduc. Luftdruck in mm unten (N. N.)	Thermometer oben. C° trocken	Thermometer oben. C° feucht	Temperatur unten. C°	Höhe über N. N. m	Aenderung d. Temperatur per 100 m mittlere zwischen Erde und oben	Aenderung d. Temperatur per 100 m letzte in der Höhe	Dampfdruck: mm	Relative Feuchtigkeit in % Psychrometer	Relative Feuchtigkeit in % Haarhygrom
11ª 31	758,0	755,9	8,7	8,2	8,7	35	—	—	7,85	93	93
33	30,4	55,9	8,0	7,9	8,7	295	— 0,27	— 0,27	7,89	99	93
34	31,4	55,9				284					
35	29,3	55,8				315					
36½	27,7	55,8	8,0	7,9	8,8	332	0,27	+ 0,0	7,89	99	93
37½	31,2	55,8				285					
38½	15,1	55,8				480					
39	18,1	55,8				445					
42½	05,0	55,7	7,1	6,7	8,8	605	— 0,30	— 0,33	7,12	95	
48	14,0	55,6				490					
50	702,0	55,6	6,9	6,6	8,8	640	— 0,31	— 0,57	7,12	96	100
51½	698,5	55,6				690					
53	91,4	55,5				770					
54	88,4	55,5				805					
55½	80,8	55,5	5,8	5,8	8,9	910	0,41	— 0,59	6,64	100	100
58	74,7	55,4	5,6	5,5	9,0	980	— 0,36	+ 0,43	6,70	99	100
12ª 00	68,0	55,4	5,3	5,3	9,0	1060	— 0,36	— 0,38	6,64	100	100
01½	62,9	55,4				1120					
05	49,8	55,4	4,8	4,4	9,0	1270	— 0,31	— 0,24	6,07	94	
07½	48,7	55,4				1350					
11	27,5	55,5	1,9	1,9	9,2	1565	— 0,48	— 0,98	5,23	100	100
13½	17,4	55,5				1695					
15½	604,0	55,5	0,4	0,4	9,5	1875	— 0,50	— 0,48	4,70	100	100
19	592,1	55,5				2040					
20	85,1	55,5	0,1	— 0,2	9,5	2135	— 0,45	— 0,12	4,38	95	
22	73,2	55,6	— 1,4	— 1,7	9,6	2302	— 0,49	— 0,90	3,93	95	
25	62,8	55,6	— 2,0		0,5	2440	— 0,48	— 0,44			84
26	59,8	55,6				2485					
27	57,3	55,7	— 3,0		9,5	2510	— 0,51	— 1,42			71
30	53,7	55,7				2565					
33	46,4	55,8	— 2,8		9,0	2670	0,15	+ 0,13			38
41½	29,0	55,8	— 5,2		8,6	2910	— 0,18	— 1,00			
1p 00	504,0	55,5	— 7,4		8,4	3325	— 0,48	— 0,53			42
05	492,7	55,4	— 8,1		8,3	3510	— 0,48	— 0,38			
08½	502,7	55,3				3340					
15	480,0	55,1	— 9,4		8,0	3715	— 0,48	— 0,63			
18	88,0	55,2				3580					
20	76,8	55,3	— 9,8	— 11,5	8,0	3770	— 0,18	— 0,78	1,37	62	58
27	75,6	55,7	— 11,3		7,8	3785	— 0,51	(— 7,5)			
36	53,0	55,9				4150					
37	51,0	55,8				4185					
41	43,6	55,9	— 13,3		7,5	4315	0,49	— 0,64			
44½	39,4	55,8				4390					
49	28,6	55,8	— 16,1	(— 16,8)	7,3	4580	— 0,52	— 1,06	(1,04	79)	42
51	26,0	55,9				4647					
2p 00	23,3	56,0				4685					
01	20,2	56,0	— 17,2	(— 17,4)	7,0	4740	— 0,52	— 0,69	(1,12	93)	23
08	405,8	56,1				5005					
11	393,5	56,0				5232					
15	94,5	56,0	— 21,2	(— 21,4)	7,1	5212	— 0,55	— 0,85	(0,79	93)	
20	80,5	56,0	— 22,0	(— 22,2)	7,1	5480	— 0,54	— 0,30	(0,73	92½)	
22	80,0	56,0				5490					
24	75,0	56,0	— 23,6		7,2	5587	— 0,56	— 1,50			44
28	71,0	56,0				5670					
30	63,0	56,1	— 24,7		7,2	5830	— 0,56	— 0,45			43
35	76,0	56,2	— 24,1		7,3	5565	— 0,57	— 0,23			
40	56,0	56,2				5985					
44½	51,0	56,2	(— 28,1*)		7,4	6105	(— 0,59)	(— 1,24)			
49	355,8	56,1	— 27,4	— 28,4	7,4	6091	— 0,53	— 1,58	0,21	43	50
57	422,0	56,0	— 15,8		7,5	4750	— 0,50	— 0,93			
3p 07	516,0	56,0	— 6,3	— 8,0	7,5	ca. 3100	— 0,44	— 0,61	1,94	68	
13	ca. 595					ca. 1970					
3p 18	—	755,8	—	—	7,6	ca. 70	—	— 0,44	7,7	99	98

*) Nicht ganz sichere Ablesung!

Bewölkung: Grad, Form u. Stärke über dem Ballon	unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugelthermometer: C⁰ Stand	Differenz gegen Lufttemperat.	Bemerkungen.
10² nimb	—	—	—	—	Auffahrt des „Humboldt"!
		—	—	—	In den unteren Nebeln, heraustretend
10² „	10² „	—	—	—	Untere Wolkenschicht.
					Oberer Rand derselben.
					Zwischen den Wolken; schwül!
10² „	10² „	[illegible]	—	—	Eintritt in die obere Wolkenschicht.
„	„	—	—	—	Starker Regen!
„	„	—		—	
„	„	—		—	
„	„	—	—	—	Sehr starker Regen!
„	„	—		—	
„	„		—	—	
„	„		—		Wolken werden dünner.
					„ „ nebelartig.
		· ^{0}	19,0	18,9	
„	„	· ^{0}	26,4	27,8	Sonnenschein schimmert durch!
Obere Grenze der Wolken!		· $^{0-1}$	30,6	32,6	
					Austritt aus den Wolken!
		☉ $^{0-1}$	33,5	36,5	
0–1	10² str cu, ni	☉ ^{1}	34,0	36,8	Schleppgurt und Ankertau heruntergelassen; Anker klar gemacht.
0	10² „	☉ $^{1-2}$	29,6	37,0	Altostr. um uns.
					Eisnadeln fallen um uns!
					„ „ „ „
0	10 „	☉ ^{1}	31,2	41,0	„ „ „ „
4 cir, cistr	10 „	☉ ^{2}	28,3	39,6	Prachtvolle Sonnenspiegelung in denselben; dichter Eisnadelfall!
4 ci	10 str-cu a cu ci cu	☉ ^{2}	36,0	49,3	Derselbe hört auf.
4 ci	10 „	☉ ^{2}	28,0	44,1	
1⁰ ci	10 „	☉ $^{1-2}$	26,2	43,4	Ci-str um uns.
1 ci	10 a cu str cu	☉ ^{2}	19,1	40,3	
1 ci	10 „	☉ ^{2}	17,0	39,0	Wir schwimmen wieder zwischen Eisnadeln.
1 ci	10 „	☉ ^{2}	27,0	50,6	
4 ci	10 „	☉ ^{2}	16,3	41,0	
					Grösste Höhe!
1 ci	10 „	☉ ^{2}	17,0	44,4	Wir gehen herunter.
		☉ $^{1-2}$	15,5	31,3	
10	10 „	☉ ^{0}	12,0	18,3	
					In den Wolken.
10² cu, str str-cu		—	—	—	Landung.

(wegen der täglichen Periode etc.). Denn die mechanische Bildung der erforderlichen Mitteltemperatur aus der halben Summe der Werthe auf der Erde und oben ist dem Schreiber dieser Zeilen als sozusagen wissentliche Ignorirung der eben im Ballon beobachteten, von der linearen oft so sehr abweichenden verticalen Temperaturvertheilung erschienen, welche z. B. bei einer Vertheilung, wie wir sie gelegentlich im Winter fanden: unten − 6°, in 700 m + 10°, erst in 2500 m wieder 0° und erst in ca. 3600 m wieder die − 6°, die unten geherrscht hatten, zu direktem Widersinn führte. Ueber die Einzelheiten dieser Berechnungsart soll später das Nähere folgen.

Wegen der Lücken in den Feuchtigkeitsangaben, bezw. der mehrfach zu verwerfenden, in Klammern gesetzten Ablesungen des feuchten Thermometers und der daraus abgeleiteten Werthe, sowie der Rubrik: „letzte Aenderung der Temperatur in der Höhe" und sonstigem folgen die nöthigen Erläuterungen bei der Besprechung des betreffenden Elementes.

Verticale Temperatur-Vertheilung.

Schon der erste Blick auf die Rubrik „mittlere Aenderung der Temperatur per 100 m zwischen Erde und oben" in Tab. II mit ihren im Ganzen bis zu grösster Höhe wachsenden Zahlen (von 0,27 bis auf 0,59) lehrt, dass an diesem Tage eine bis oben wachsende Temperaturabnahme vorgefunden wurde. Es war dieses eine neue, von den Glaisher'schen Feststellungen abweichende Thatsache und da wir es mit bedeutenden Höhen, bis über 6000 m zu thun hatten, wo die Verhältnisse viel stabilerer Natur sind als in den unteren Schichten, so drängte sich alsogleich die Annahme auf, dass diese Vertheilung kein Ausnahmezustand sein wird — eine Annahme die durch die folgenden Fahrten durchweg bestätigt worden ist. Wie dieser Unterschied wohl vor Allem auf die verbesserten Instrumente, aber auch Beobachtungsmethoden zurückzuführen sei, ist schon in dieser Zeitschrift mehrfach bei anderen Anlässen betont worden.

Wenn man zunächst ohne alle Abrundung und Zusammenfassung in Gruppen die mittlere Abnahme per 100 m betrachtet, so zeigt sich

- zwischen Erdoberfläche und 1300 m ein Werth der zwischen 0,3° und 0,4° pro 100 m schwankt (Maximum 0,41 bei 900, Minimum 0,27 bei 300);
- zwischen Erdoberfläche und 4400 m schwankt die mittlere Gesammtabnahme um 0,5° herum (Maximum 0,51, Minimum 0,45, meist 0,48);
- zwischen Erdoberfläche und 6100 m steigt dieselbe ununterbrochen von 0,52 bis auf 0,59.

Dieser letztere Werth von 0,59 oder rund 0,6 per 100 stellt also die mittlere Abnahme dar in der gesammten durchschnittenen, über 6000 m mächtigen Luftschicht. Dies wäre ziemlich genau, ja schon etwas reichlich

der mittlere Werth, welchem man bisher allgemein, jedoch nur für die unteren paar Tausend Meter annahm, während man geneigt war, nach oben zu eine rasche Verringerung in dieser Abnahme auf Grund der älteren Ballonfahrten für eine Thatsache zu halten. In dieser Form betrachtet (stets die mittlere Gesammtabnahme zwischen Erde und oberster Ablesung) ist die Columne in Tab. II auch deswegen sehr lehrreich, da sie direct angiebt, welche mittlere Abnahme man gefunden hätte, falls der Ballon nur bis zu geringeren Höhen vorgedrungen wäre. Dieselbe hätte sich ergeben bei:

einer erreichten Maximalhöhe	von 1000 m	auf 0,36°	per 100 m
„ „ „	„ 2000 „	„ 0,46	„ „ „
„ „ „	„ 3000 „	„ 0,48	„ „ „
„ „ „	„ 4000 „	„ 0,50	„ „ „
„ „ „	„ 5000 „	„ 0,53	„ „ „
und ergiebt sich bei der wirklich erreichten „	„ 6100 „	„ 0,59	„ „ „

Vergleicht man dieses Ergebniss mit demjenigen vom 1. März 1893 (Siehe p. 73 ff.), so zeigen sich dort bis 3000 m (bei etwas häufigerem Hin- und Herschwanken, während am 14. März das Wachsthum der Zahlen nur ein paar Mal unterbrochen wird) ähnliche Verhältnisse, wogegen allerdings damals zwischen 3000 und 4300 m eine schwache Verringerung eintrat. Aber bei Betrachtung der oben angeführten Zahlen für die sechs Stufen vom 14. März wird man sich bald fragen, ob nicht vielleicht bei weiterem Höhergehen auch am 1. III wieder eine Steigerung in der Abnahme gefunden worden wäre.

Wichtiger, weil mehr in directer Weise den thatsächlichen Zustand wiederspiegelnd, ist die Feststellung der Temperaturänderung innerhalb der einzelnen über einander lagernden Schichten. Die Columne „letzte Aenderung der Temperatur p. 100 m in die Höhe“ zeigt diesen verticalen Temperaturgradienten direct von einer Ablesung zur anderen. Hier zeigen sich zunächst, wenn man die Werthe in dieser Art, ohne jede Ausgleichung und Zusammenfassung, betrachtet, erhebliche Schwankungen, ähnlich wie bei der Fahrt vom 1. März und den sonst schon hier sowie in der Zschr. f. Luftsch. mitgetheilten resp. bearbeiteten Temperatur-Tabellen für die mit dem Aspirations-Psychrometer ausgeführten Ballonfahrten. Nur zu einem geringeren Theile sind diese Schwankungen auf ein „Nachhinken“ der Thermometer zurückzuführen. Dieses letztere dürfte bei dem Instrumente nach zahlreichen Untersuchungen nie ein paar Zehntel übersteigen können. Nun wird allerdings bei geringem verticalem Abstande von zwei Ablesungen ein Fehler von nur 1 bis 2 Zehnteln die daraus abgeleitete Temperaturstufe stark verzerrt erscheinen lassen und ein Theil der erheblichen Schwankungen in den Ziffern der betreffenden Reihe der Tabelle II ist ja darauf zurückzuführen. Aber

zweifellos beruht gerade der grösste Theil der mit dem Aspirations-Psychrometer bei unseren Fahrten vorgefundenen Temperatur-Schwankungen und ganz sicher alle erheblicheren gerade auf der schnelleren Anpassung dieses Instrumentes an die thätsächlich viel öfter, als man meist bisher angenommen hat, auftretenden Unstetigkeiten oder genauer Unregelmässigkeiten in der verticalen Temperatur-Vertheilung; mag dieselbe nun auf Uebereinanderlagerung verschieden temperirter horizontaler Luftströmungen beruhen (die sich meist auch durch Richtungsverschiedenheit, Schichtwolkenbildung, direct durch Wogenwolken etc. andeuten) oder auf dem Nebeneinanderspiel auf- und absteigender Luftsäulen, in die der Ballon abwechselnd geräth. In diesem Falle werden die Schwankungen springend und unregelmässig, im ersteren dauernder und ausgesprochener sein.

Trotz dieser Oscillationen nun zeigen schon diese rohen, direct abgeleiteten Werthe eine entschiedene Tendenz, im Allgemeinen mit zunehmender Höhe zu wachsen — wie es ja anders nicht möglich ist, wenn, wie oben bereits ausgeführt, die mittlere Abnahme für die Relation „Erde bis oben“ dauernd steigt. Aber einen besseren Einblick in diese interessanten Verhältnisse gewinnt man, wenn man sich von den Zufälligkeiten, oder richtiger durch grossentheils uncontrollirbare Einflüsse hervorgerufenen Besonderheiten der Einzelablesungen bis zu einem gewissen Grade frei macht. Zunächst seien hier also ohne weitere Abrundung resp. Zusammenfassung die Werthe der Temperatur-Abnahme gegeben, wie sich dieselben per 100 m innerhalb aufeinanderfolgender Schichten von grösserer verticaler Ausdehnung, als sie zwischen zwei Einzelablesungen liegt, findet. Dieselben sind aus der Differenz der einzelnen Ablesungen an der oberen und unteren Grenzfläche der Schichten ermittelt.

Tab. III.

Schicht	Δt per 100 m
35—605 m	— 0,30
605—1270	— 0,35
1270—1875	— 0,73
1875—2440	— 0,43
2440—2910	— 0,68
2910—3510	0,48
3510—4315	— 0,65
4315—4740	— 0,92
4740—5480	— 0,65
5480—6001	1,03

Aus dem immerhin noch unregelmässigen Gange dieser Zahlen tritt doch schon deutlich die Thatsache hervor, dass die Temperaturabnahme am langsamsten war unter den Wolken und in deren untere Hälfte, hierauf schnell in dem oberen Theile der eigentlichen dichten Wolkenmasse und

langsamer in der obersten, sich auflösenden und schon sehr starke Sonnenstrahlung aufweisenden, nebelartigen Wolkenschicht (in 2135 m beträgt die Differenz zwischen Schwarzkugelthermometer und Lufttemperatur bereits 19,1°) — was also durchaus im Einklange steht mit den v. Bezold'schen, hier schon angeführten Vermuthungen über die Temperaturverhältnisse in und über der oberen Wolkenschicht, falls man diese Begriffe nicht zu wörtlich und schablonenhaft auffasst. Schon in 1875 m findet sich die Notiz „Wolken werden dünner,“ gleich darauf „nebelartig“ und in 2300 m „Sonnenscheibe schimmert durch,“ so dass also hier die Schicht des oberen, in Auflösung begriffenen Nebels als übererwärmt gelten kann. Eine eigentliche Temperaturumkehr findet sich bei dieser Fahrt allerdings — abgesehen von einem Falle im unteren Theile der Wolkenmasse (um 11ª 58, S. Tab. II) — nur schwach angedeutet in der Schicht zwischen 2500 und 2700 m — also doch dicht über der Gesammtwolkenmasse — sie beträgt 0,2° und der Gradient der Zunahme nur 0,13 p. 100 m. Die meisten unserer später ausgeführten Fahrten durch und über geschlossene Wolkenschichten haben einen viel grelleren, unvermittelten Gegensatz zwischen schneller Abnahme in dem obersten Wolkentheile und starker, oft viele Grade betragender Inversion unmittelbar darüber ergeben.

In der fast wolkenfreien Atmosphäre über der geschlossenen Schicht zeigt sich dann eine erhebliche Steigerung der Temperatur-Abnahme auf über 0,6 in der mittleren Schicht und eine nochmalige auf ca. 0,9 in der hohen Schicht zwischen 4300 und 6000 m. In jeder derselben findet sich jedoch ein mittlerer Theil mit beträchtlichem Zurückgehen des verticalen Temperatur-Gradienten, um 2 bis 3 Zehntel Grade per 100 m. Diese Störungen — welche übrigens bei Ausgleichung der Beobachtungen durch Zusammenfassung je mehrerer nahe bei einander liegender in eine fast verschwinden, wie sich später zeigen wird — hängen offenbar zusammen mit dem Auftreten der altostrati bezw. unteren cirrostr. um den Ballon, der „Eisnadeln.“ Man vergleiche desswegen in Tab. II die Bemerkungen: bei 3325 m „altostr. um uns“ und gleich darauf „Eisnadeln fallen!“, ebenso bei 4740 m „cistr. um uns“ und darauf „wir schwimmen wieder zwischen Eisnadeln.“ Bei näherem Zusehen findet man, dass auch hier die Verjüngerung der Abnahme (auf 0,48, resp. 0,65) eintritt bei der Annäherung an, und im unteren Theile der, wenn auch nur dünnen, Wolkenschichten und eine starke Beschleunigung derselben im oberen Theile der Wolken sowie in der freien Atmosphäre oberhalb der Wolkenschleier, wenn man von der unmittelbar über den Nebelmassen lagernden Luft absieht. Es zeigt sich also auch hier Uebereinstimmung mit dem theoretisch Erwarteten

Betrachtet man die Temperatur-Abnahme wie sie sich darstellt, wenn man die ganzen durchschnittenen Schichten nach natürlichen Grenzen in 4 Theile zerlegt, so ergiebt sich folgendes interessante Bild:

Tab. IV.

Mittlere Temperatur-Abnahme pro 100 m.

I. Erdoberfläche bis obere Wolkengrenze (2440 m)	0,48°
a) untere Hälfte der Wolken (bis ca. 1250 m)	0,33
b) obere „ „ „	0,59
II. Ueber den geschlossenen Wolken	0,72
a) Wolkengrenze bis 4300 m . . . . (untere Hälfte, zugleich Grenze des mittleren, dichten Eisnadelfalles)	0,60
b) zwischen 4300 und 6000 m	0,84°

Der Gegensatz zwischen langsamer Abnahme in der unteren und beinahe doppelt so schneller in der oberen Hälfte der Wolken, die grosse Steigerung des verticalen thermischen Gradienten (man entschuldige den Gebrauch dieses bequemen Wortes in einem ja uneigentlichen Sinne) in den höheren Schichten, wobei wieder deren unterer Theil in dieser Beziehung wegen der Erwärmung durch Reflexion seitens der unterliegenden Wolkenoberfläche und wegen der Bildung ziemlich mächtiger kleiner Wolken innerhalb desselben zurückbleibt, das Auftreten der schnellsten Abnahme in den grössten Höhen, sowie schliesslich das constante Wachsthum derselben treten hier sehr schön heraus.

Man wird bemerken, dass in den Tabellen III und IV als höchste Temperatur-Beobachtung diejenige von — 27,4 in 6000 m verwerthet ist unter Ausschluss der in den Originalaufzeichnungen als nicht ganz sicher notirten von — 28,1° C. in 6100 m. Ich hielt es nämlich für unzulässig, wo die Betrachtung sich auf einzelne Ablesungen gründet, eine wenn auch noch so wahrscheinliche (sie stimmt vollständig mit dem Gesammtmittel der Abnahme in den grösseren Höhen überein), jedoch nicht durchaus verbürgte Beobachtung mit hineinzuziehen. Wohl aber hat eine solche, durchaus mit den anderen stimmende und an und für sich nur mit sehr geringer Unsicherheit (nur wegen Raschheit der Beobachtung) behaftete Zahl ihren Platz in der Zusammenfassung von Beobachtungen zu Gruppen.

Zu diesem letzteren Zwecke wurde die ganze Höhe in Schichten von je 500 m eingetheilt und alle Beobachtungen, welche innerhalb einer solchen Schicht, also zwischen Erde und 500, 500 und 1000 m u. s. f. lagen, zu einer zusammengefasst. In der folgenden Tab. V sind dann die so gebildeten mittleren Temperaturen und die mittleren Höhen für welche sie gelten, sowie die Anzahl der zu Grunde liegenden Beobachtungen, die Differenzen der Höhen und Temperaturen und schliesslich die daraus abgeleitete Temperatur-Abnahme p. 100 m gegeben.

Eine Theilung in Schichten von geringerer Mächtigkeit, etwa von 200 zu 200 m, erschien bei dem schnellen Steigen des Ballons und der desswegen verhältnissmässig erheblichen verticalen Entfernung der Ablesungen von einander nicht rathsam, da dieselbe zu den in solchen Sachen doch immerhin misslichen Interpolationen führen würde.

Tab. V.

Schicht	Mittlere Höhe	ΔH	Mittlere Temp.	Δt	Δt p. 100 m	Zahl der Beob-achtungen
Erde	35		8.7			
0—500	314	280	8.0	0.70	0.25	2
500—1000	784	470	6.25	1.75	0.37	4
1000—1500	1165	381	5.05	1.20	0.32	2
1500—2000	1720	555	1.15	3.90	0.70	2
2000—2500	2292	572	— 1.10	2.25	0.39	3
2500—3000	2697	405	— 3.65	2.55	0.63	3
3000—3500	3212	515	— 6.85	3.20	0.62	2
3500—4000	3695	483	— 9.65	2.80	0.58	4
4000—4500	4315	620	— 13.30	3.65	0.59	1
4500—5000	4690	375	— 16.35	3.05	0.81	3
5000—5500	5346	656	— 21.60	5.25	0.80	2
5500—6000	5661	315	— 24.15	2.55	0.81	3
über 6000	6053	392	— 27.75	3.60	0.92	2

In dieser Tabelle, wo nun durch Zusammenfassung von meist 2 bis 4 Beobachtungen[1]) zu je einer zufällige, mehr secundäre Einflüsse fast verwischt erscheinen, tritt das Bild der verticalen Temperatur-Abnahme noch deutlicher heraus als in den vorhergehenden. Rundet man die Werthe derselben auf Zehntel Grade ab, so zeigt sich, dass nur innerhalb der schweren geschlossenen Regen- und Schneewolkenmasse eine erhebliche Störung im Sinne einer Steigerung der Abnahme im oberen Theile derselben auftritt, sonst aber ein fortwährendes „crescendo“ vorhanden ist.

Man hat nämlich:

Tabelle VI.

Schicht.	Δt per 100 m.		
35—314 m	0,3*)	unterer Theil.	geschlossene Regenwolken.
314—784 „	0,4		
784—1165 „	0,3		
1165—1720 „	0,7	centraler Kern.	
1720—2292 „	0,4	sich auflösender Nebel.	
2292—2697 „	0,6	untere Hälfte.	über denselben.
2697—3212 „	0,6		
3212—3695 „	0,6		
3695—4315 „	0,6		
4315—4690 „	0,8	obere Hälfte.	
4690—5346 „	0,8		
5346—5661 „	0,8		
5661—6053 „	0,9		

Fasst man die Werthe aus Tabelle V in grössere Abtheilungen nach Art

[1]) Auch die zwei während des rapiden Abstieges des „Humboldt“ (s. die Fahrtbeschreibung von Hauptmann Gross im vorigen Hefte) eben noch ermöglichten Beobachtungen sind hier herangezogen.

der Tabelle IV zusammen, so ergiebt sich die dieser letzteren entsprechende, durch Gruppirung abgerundete, mittlere Werthe gebende Aufstellung der

Tabelle VII.

	Δ*t* per 100 m.
I. Erdoberfläche bis nahe oberer Wolkengrenze (2300 m) . . .	0,47°
a) untere Hälfte der Wolken (bis ca. 1150 m)	0,35°
b) obere „ „ „ (1150—2300 m)	0,55°
II. Ueber den geschlossenen Wolken	0,71°
a) untere Hälfte (2300—4300 m)	0,60°
b) obere „ (4300—6100 m)	0,83°
Mittlere Gesammt-Abnahme Erde bis 6100 m nach den Grenzwerthen: Erde und 6053 m	0,59°
Mittlere Abnahme aus den Mitteln für die einzelnen Schichten, wie in dieser Tabelle gegeben	0,62°

Die mittlere Abnahme der Lufttemperatur in den durchschnittenen bis über 6000 m reichenden Schichten betrug also ein wenig über 0,6° per 100 m; *sie fand sich in dieser Grösse in den mittelhohen Schichten zwischen 2300 und 4300 m, war in den Wolken darunter geringer und in den grössten Höhen noch sehr erheblich grösser.*

Um nun noch an diese vorgefundenen Verhältnisse den theoretischen Maassstab anzulegen und zu finden, in wie fern die Temperaturabnahme sich etwa jener Grenze näherte, bei welcher das labile Gleichgewicht erreicht wäre, seien hier noch die potentiellen Temperaturen für die „mittleren Höhen“ und „mittleren Temperaturen“ der Tabelle V angegeben. Wegen deren Bedeutung und Ableitung sehe man: v. Bezold, „Zur Thermodynamik der Atmosphäre in Met. Z. s. Band VI (1889) p. 287 ff und Hertz „Graphische Methode z. Best. d. adiabatischen Zustandsänderungen etc.“ a. a. O. Bd. I (1884) p. 421 ff.

Tabelle VIII.

Mittlere Höhe.	Potentielle Temperatur.	Δ *t*.	Δ *t* p. 100 m.	Gleichzeitige Temper. unten	Differenz.	Δ p. 100 m.
314	11,0			8,8	2,2	0,79
		2,8	0,60			
784	13,8			8,9	4,9	0,65
		2,7	0,71			
1165	16,5			9,0	7,5	0,66
		1,6	0,29			
1720	18,1			9,35	8,75	0,52
		3,6	0,63			
2292	21,7			9,5	12,2	0,54
		1,8	0,44			
2697	23,5			9,0	14,5	0,55
		1,9	0,37			
3212	25,4			8,0	17,4	0,55
		1,8	0,37			
3695	27,2			8,0	19,2	0,53
		2.8	0,15			
4315	30,0			7,5	22,5	0,53
		0,6	0,16			
4690	30,6			7,3	23,3	0,50
		1,0	0,15			
5316	31,6			7,1	24,5	0,47
		0,7	0,22			
5661	32,3			7,2	25,1	0,45
		0,1	0,03			
6053	32,4			7,4	25,0	0,42

Das constante Wachsthum der potentiellen Temperatur selber sowie des Ueberschusses derselben über die Temperatur auf der Erde zeigt, dass allerdings in keiner Höhe sich die Luft in labilem Gleichgewicht in Beziehung auf die Unterlage befand. Aber schon die letzte Columne (Δ p. 100 m) weist mit ihren oben abnehmenden Werthen darauf hin, dass mit steigender Höhe die Schichtung derjenigen bei rein adiabatischen Zuständen, also dem indifferenten Gleichgewicht sich immer mehr nähert. Einen noch viel besseren directen Einblick in die thatsächlichen Verhältnisse gewinnt man, wenn man jede Schicht in Beziehung auf die darunter lagernde betrachtet, zu welchem Zwecke die dritte und vierte Columne (Δt und Δt per 100 m) gebildet wurden[1]. Hier findet sich, dass über 4000 m und ganz besonders in den obersten 400 m die Temperaturabnahme mit der Höhe einen Betrag erreicht hatte, der bereits hart an der Grenze des indifferenten respective labilen Gleichgewichtes steht. Lehrreiche Schlüsse könnte man aus diesen Ueberlegungen in viel höherem Grade ziehen, wenn die Feuchtigkeitsverhältnisse in die Untersuchung nach der von v. Bezold in seinen Abhandlungen „Zur Thermodynamik der Atmosphäre“ und „Ueber die Verarbeitung der bei Ballonfahrten gewonnenen Feuchtigkeitsangaben“ (Ztschr. f. Luftsch. 1894 Heft I) aufgestellten Methode herangezogen werden könnten. Dieses geht jedoch nur in sehr unvollkommenem Grade, wie sich aus dem Nachstehenden ergeben wird.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse.

Das Missliche eines jeden Versuches genauerer Discussion des Feuchtigkeitszustandes auf exactem thermodynamischem Wege liegt in der Ungenauigkeit der berechneten Zahlenwerthe wegen der bisher nur ungefähr ermittelten psychrometrischen Constante des Aspirationspsychrometers, und der nach den neueren Untersuchungen, insbesondere des Herrn N. Ekholm, überhaupt stattfindenden Unanwendbarkeit der bis nun gültigen Psychrometerformeln bei Eis-Bedeckung des feuchten Thermometers; bei der Fahrt vom 14. März 1893 aber auch nicht zum wenigsten an den mangelhaften Beobachtungen des feuchten Thermometers in den Höhen über 2300 m. Bis zur endgültigen Verarbeitung der Ergebnisse unserer Fahrten wird wohl die zuerst genannte Ermittelung der Constante ihrer Lösung entgegengeführt und auch die zweite Schwierigkeit („Eisdampf“ statt „Wasserdampf“) erheblich geklärt sein. Wegen der Lücken in den Beobachtungen muss bemerkt werden, dass dieselben nicht etwa in unterlassener Ablesung des

[1] Es ist hier dieser einfachere Weg als bequemer gewählt worden; die aus dem ja eigentlich erforderlichen directen adiabatischen Zurückführen der Temperatur eines jeden Niveaus auf den Druck des vorhergehenden tieferen sich ergebenden Differenzen unterscheiden sich, wie die theoretische Ueberlegung erweist und ein paar Proben gezeigt haben, nur unwesentlich von den in Columne 3 und 4 abgeleiteten.

feuchten Thermometers ihren Grund finden, sondern in dem unzuverlässigen Verhalten des Psychrometers nach Ueberschreiten der 0° Isotherme, welches bei dieser Fahrt ja mit dem Austreten aus den Wolken und in mit einem Schlage sehr viel trockenere Schichten zusammenfiel. Zunächst hatte sich hierbei offenbar durch etwas zu häufige Befeuchtung (ich hatte mir bei den drei im Ballon „M. W.“ ausgeführten Vorbereitungsfahrten so gut wie keine Erfahrung in der Behandlung des Aspirations-Psychrometers im Ballon unter 0° erworben, da die Temperaturminima jener drei Fahrten + 4,8°, + 8,5° und — 2,8° gewesen waren) bald nachdem sich das feuchte Thermometer eingestellt hatte eine Eiskruste innerhalb des Hüllrohres gebildet, welche die Ablesungen unbrauchbar machte — abgesehen davon, dass bei dem Heraustritte aus den mächtigen Wolken in die kalten höheren Schichten sich alle unsere Instrumente ohnehin mit Eis bedeckten. Nachdem dieser Uebelstand erkannt und durch Reinigen der Röhre behoben worden war und wieder eine zufriedenstellende Beobachtung in 3770 m (s. die Werthe in Tab. II) ausgeführt wurde, wollte das Psychrometer wohl nun hauptsächlich in Folge des „Eisdampfes“ bei den jetzt sehr niedrigen Temperaturen und Drucken keine brauchbaren Resultate geben. Inwiefern der Stand des feuchten Thermometers für die Anwendbarkeit der Psychrometerformel ein direct zu hoher war, sind die Ablesungen desselben überhaupt nicht mitgetheilt worden. Wo das feuchte Thermometer niedriger als das trockene stand, jedoch die Psychrometerdifferenz offenbar viel zu hohe Werthe der Feuchtigkeit lieferte im Vergleich zu dem sehr gut justirten und in geringeren Höhen bis auf wenige (höchstens 5) Procent mit dem Psychrometer stimmenden Haarhygrometer und zu der directen Empfindung und sonstiger Wahrnehmung, wurden die Werthe des feuchten Thermometers und die aus denselben abgeleiteten der Feuchtigkeit in Tab. II in Klammern gesetzt. Es wird sich weiter unten zeigen, bis zu welchem Grade die Erniedrigung der Werthe des feuchten Thermometers um die constante Correction von — 0,15°, welche ja von H. Ekholm bei Mittelwerthen ziemlich befriedigend gefunden worden ist (siehe deswegen die wiederholten Mittheilungen des H. Ekholm, sowie Hann in der vierten Auflage der Jelinek'schen Psychrometer-Tafeln, p. 11), auch hier, bei der Anwendung auf Einzelbeobachtungen eine Annäherung an die wahren Verhältnisse ermöglichte.

Jedenfalls ergiebt sich aus den Beobachtungen (siehe Tab. II und Tab. IX weiter unten) zweifellos, dass:

1. innerhalb der geschlossenen Wolkenmasse, aber auch schon unter derselben, in dem Nebelregen, und in der fast wolkenfreien Zwischenschicht zwischen 450 und 600 m, bis in 2300 m hinauf die relative Feuchtigkeit nur zwischen etwa 95 und (öfter) 100% schwankte, also nahezu Sättigung vorhanden war, wobei der Dampfdruck von 7,9 continuirlich auf 3,9 mm, die absolute Feuchtigkeit von 8,1 auf 4,2 g pro m³ sank. Dagegen bleibt

die specifische Feuchtigkeit (es ist auch hier 1000 x, also Gramm pro Kilogramm feuchter Luft zu verstehen; siehe desswegen die oben citirte Abhandlung von v. Bezold, Zeitschr. f. Luftschiff 1894, pg. 3) bis etwa 1050 m Höhe fast constant, nur zwischen 6,8 und 6,1 schwankend, besonders aber zwischen 600 und 1060 m wenig Veränderung zeigend. Von hier an tritt auch in der specifischen Feuchtigkeit eine dauernde Abnahme von 6,3 bis 4,3 gr nahe dem Wolkenrande in 2300 m ein. Zu bemerken ist, dass sich sowohl das Eintreten in die unteren Nebel durch Zunahme der relativen Feuchtigkeit (93 auf 99%), wie der Austritt in die freie Zwischenschicht durch Zurücksinken (auf 95%) und der Wiedereintritt in die Wolkenmasse durch Wiedererhöhung derselben (meist 99 bis 100% mit nur einer Unterbrechung) bemerkbar macht.

Tab. IX.

Zeit	Druck mm	Höhe m	Temp. C°	Dampfdruck mm	Feuchtigkeit Absolute 1) gr per cbm	Specifische gr per kg	Relative %
11a 31	753	35	8,7	7,85	8,00	6,55	93
33	730	295	8,0	7,89	8,11	6,79	99
36½	728	332	8,0	7,89	8,11	6,81	99
42½	705	605	7,1	7,12	7,35	6,35	95
50	702	640	6,9	7,12	7,35	6,37	96
55½	680	910	5,3	6,64	6,90	6,14	100
58	675	980	5,6	6,70	6,95	6,23	99
12a 00	668	1060	5,3	6,64	6,90	6,25	100
05	650	1270	4,8	6,07	6,31	5,88	94
11	628	1565	1,9	5,28	5,50	5,23	100
15½	604	1875	0,4	4,70	4,97	4,88	100
20	585	2135	0,1	4,38	4,65	4,67	95
22	573	2302	— 1,4	3,93	4,18	4,30	95
1p 20	477	3770	9,8	1,37	1,50	1,79	62
2p 49	355	6001	— 27,4	0,21	0,25	0,37	43
3p 07	516	3100	— 6,3	1,94	2,10	2,38	68
18	749½	70	7,6	7,72	7,95	6,41	99

2. Nach dem Austritte aus den Wolken sinkt die Feuchtigkeit rapide; das, wie bemerkt, sonst sehr gut stimmende Haarhygrometer zeigt die Werthe 84, 71, 38% nach einander an, in den Höhen von 2440, 2510, 2670 m, hierauf tritt eine leichte Zunahme auf 42% in 3325 m und eine stärkere auf 58% in 3770 m ein, innerhalb der als „Eisnadeln" erscheinen-

1) Die sogenannte absolute Feuchtigkeit ist hier nur angegeben, da sie eben einmal in solchen Fällen stets mit erwartet wird; was man thatsächlich mit diesem eigenthümlichen „absoluten" Maasse, in welchem das Gewicht (die Masse) einer Gasart auf das Volumen einer anderen bezogen wird, anfangen kann, ist dem Schreiber dieser Zeilen nicht bekannt. Bei thermodynamischen Untersuchungen jedenfalls sehr wenig. In der That ist die specifische Feuchtigkeit ein absolutes Maass des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes.

den altostr.-Wolke. Hier liefert auch das Psychrometer wieder einmal eine ziemlich zuverlässige Ablesung und dieselbe ergiebt den sehr ähnlichen Werth von 62% bei 1,4 mm Dampfspannung und 1,8 g specifischer Feuchtigkeit. Es folgt eine zweite sehr trockene Schicht: 42% in 4580, 23% in 4740 m, dies zugleich der niedrigste Stand des Haarhygrometers, also wohl jedenfalls (der Gang bezw. der Sinn desselben ist ja bei diesem sonst unvollkommenen Instrumente als richtig anzunehmen) die grösste Trockenheit; darauf beträchtliche Zunahme in den oberen „Eisnadeln“ (cirrostr. artige Wolke) und noch über denselben 43 bis 44% in 5600—5800 m und 50% (43% nach dem wieder brauchbaren Psychrometer, bei 0,2 Dampfspannung und 0,4 specifischer Feuchtigkeit) in 6000 m. Die einzige während des Abstieges noch mögliche Psychrometer-Beobachtung ergiebt in 3100 m einen um ca. 10% höheren Werth als das Haarhygrometer beim Aufstieg in dieser Höhe gezeigt.

3) Es zeigt sich also durchgehende Uebereinstimmung zwischen dem Gange der relativen Feuchtigkeit und den abwechselnden Wolkenschichten und wolkenfreien Zwischenräumen; und zwar sind nur die zusammenhängenden Regenwolken von grosser horizontaler und verticaler Ausdehnung durch wirkliche Annäherung an den Sättigungszustand gekennzeichnet, während in den kleineren Eiskrystallgebilden[1]) nur eine Steigerung auf etwa 50% statt hatte. Besonders auffällige Trockenheitsgrade wie bei der 2. Fahrt des „M. W.“ am 13. März 1891 und der 1ten des „Humboldt“ am 1. März 1893 wurden überhaupt nicht beobachtet.

Auf der Erde herrschten durchaus hohe Feuchtigkeitsgrade von meist einigen neunzig Procent.

Die folgende Tabelle X giebt diejenigen niedrigeren Werthe der Dampfspannung und relativen Feuchtigkeit an, welche durch Anbringung der vorerwähnten Ekholm'schen Correction von — 0,15° an alle Ablesungen des feuchten Thermometers unter 0° sich ergeben.

Tab. X.

Höhe m	Psychrometer trocken	Psychrometer feucht	Dampfspannung mm	Relative Feuchtigkeit	Differenz der letzteren gegen die uncorrigirten Werthe
2135	0,1°	— 0,65°	4,06	88%	— 7%
2302	— 1,4	— 2,15	3,62	88	— 7
3770	— 9,8	— 11,95	1,16	53	— 9
4580	— 16,1	— 17,25	0,87	66	— 13
4740	— 17,2	— 17,85	0,95	78½	— 14½
5212	— 21,2	— 21,85	0,63	74	— 19
5480	— 22,0	— 22,65	0,59	75	— 17½
6001	— 27,4	— 28,85	0,08	16	— 27
3100	— 6,3	— 8,45	1,70	59½	— 8½

[1]) Es sei hier ausdrücklich bemerkt, dass in diesem Falle durchaus keine Schneeflocken auch noch so geringer Dimensionen beobachtet wurden.

Die Correction wird mit steigender Höhe, also fallendem Luftdruck natürlich immer erheblicher und ist proportional dieselbe für die Dampfspannung. Da diese Frage noch im Stadium der ersten Untersuchung sich befindet, so wurden die Werthe der Tab. X. nicht weiterer rechnerischer Verwendung unterzogen. Denn die constante Correction dürfte, wie ja oben bereits erwähnt, nur für die Bildung von Mittelwerthen zulässig sein und auch da nur bei höheren Feuchtigkeitsgraden. (Siehe die oben citirten Mittheilungen von Ekholm und Hann.)

Zum Vergleiche mit der vorstehenden Schilderung der thatsächlichen Vertheilung von Temperatur, Feuchtigkeit und Bewölkung folgt hier noch die theoretische Ermittelung, wie sich ein aufsteigender Luftstrom von den am Erdboden vorhandenen physikalischen Zuständen bei rein adiabatischem Vorgange verhalten müsste.

Es würde zunächst (unten d. h. in 35 m beträgt der Druck 753 mm, die Temperatur 8,7°, die specifische Feuchtigkeit 6,66 gr pr. Kilogr., die relative 93%) bereits in 135 m und bei 7,8° die relative Feuchtigkeit 100% erreichen und Condensation beginnen. In der That wurden bei der ersten Beobachtung bereits in 295 m Höhe 99% und „untere Nebel, heranstretend“, notirt. Nach begonnener Condensation würde sich nun die Temperatur-Abnahme verlangsamen; bei 1450 m würde die Temperatur auf 0° gesunken sein und die Temperatur-Abnahme von der unteren Grenze der Wolkenbildung 0,59° p. 100 m, die ausgeschiedene Wassermenge bis hierher 2,05 gr pro Kilogr. aufströmender Luft betragen. Da die thatsächliche Temperatur-Abnahme bei stattfindender Condensation in diesen Schichten noch langsamer war, so fand Wärmezufuhr statt. Nach Erreichen der 0° Temperatur würde im aufsteigenden adiabatischen Luftstrom die Temperatur wegen Gefrierens der bereits ausgeschiedenen Wassermenge zu Hagel durch weitere 90 m bis 1540 constant bleiben. Darauf würde nun unter Ausscheidung von Schnee schnellere Temperatur-Abnahme sich einstellen: — 10° würden bei 3100 m und, nach weiterer Ausscheidung von 1,9 gr Wasser per Kilogr. Luft, einer specifischen Feuchtigkeit von 2,6 erreicht werden; die Abnahme der Temperatur würde also nun 0,65° pr. 100 m betragen. Die thatsächliche Temperatur in dieser Höhe betrug — 6,3°, die specifische Feuchtigkeit 2,4, die mittlere Abnahme den Temperaturen zwischen 1542 und 3100 m 0,54° p. 100 m; es ist also eine überraschende Annäherung an adiabatische Verhältnisse vorhanden — doch ist zu beachten, dass die Condensation wirklich bei ca. 2440 m aufgehört hat, also Zufuhr wärmerer und trockener Luft stattfand. — 20° würden bei 4500 m (431 mm Druck) und noch vorhandenen 1,55 gr Wasserdampf pr. Kilogr. feuchter Luft erreicht; die thatsächliche Temperatur betrug ca. — 15,2°. Die adiabatische Temperatur-Abnahme bei fortdauernder Condensation würde sich auf 0,73° stellen, die wirkliche betrug bei nur geringfügiger Wolkenbildung 0,66°. Die weitere Fortführung der Parallele würde eine



vollständige Annäherung der adiabatisch stattfindenden und wirklich vorgefundenen Temperatur-Abnahme ergeben; doch hat dieselbe eigentlich bei dem Mangel an Analogie in der Condensation keine Bedeutung.

Auch ist ja an und für sich klar, dass die mächtigen Regenwolken an diesem Tage ihre Entstehung nicht etwa ausschliesslich einem aufsteigenden Luftstrome von den Ausgangsbedingungen, wie sie sich gerade über Nord-Deutschland fanden, verdankten, da sie ja zum grossen Theile fertig gebildet hergebracht wurden von einer oceanischen Unterlage mit anderen physikalischen Bedingungen. Immerhin entbehrt diese Betrachtung wohl nicht des theoretischen und in mancher Beziehung auch thatsächlichen Interesses.

Wind.

Nothgedrungen müssen wir uns bei Betrachtung dieses wichtigen Elementes kurz fassen.

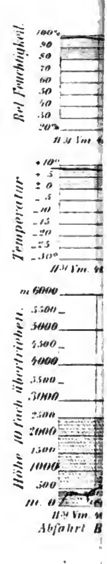
Denn da die Erde unseren Blicken fortwährend entzogen war, so fehlte bei dem bisherigen traurigen Stande dieser aëronautisch fundamentalen Frage jede Möglichkeit, Aenderungen der Fluglinie und Geschwindigkeit festzustellen. Es ist nur soviel mit Sicherheit bezw. grosser Wahrscheinlichkeit anzuführen, dass:

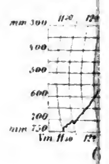
1. die Geschwindigkeit, welche unten nur stellenweise 5 m. p. Sek. überschritt, vielfach unter der Ballonbahn aber bis auf 1 und 2 m sank, schon in geringen Höhen rasch, in grossen aber jedenfalls bis auf über 20 m p. S. stieg; denn das Gesammtmittel beträgt, eine beinahe geradlinige Ballonbahn angenommen, noch immer 18,4 m;

dass 2. die Windrichtung jedenfalls mit der Höhe eine Rechtsdrehung von unbekanntem Ausmaasse erfuhr; doch kann die unten WSWliche Richtung[1]) auch in grossen Höhen nicht über WzN oder höchstens WNW herumgeholt haben, da sonst bei der Kürze des Abstieges ein viel südlicherer Landungsort sich ergeben hätte. Allerdings ergiebt schon ein reiner Westwind oben eine Abweichung gegen den Südwind in Frankfurt a. O. oder den SSE in Landsberg um 90° und darüber und führt die ganze Ballonbahn, wie ein Blick auf die Kärtchen in Tafel II zeigt, vom Minimum gegen das Maximum zu. Im Mittel also flog der Ballon bereits in Höhen, wo der obere Ast des Luftaustausches zwischen Cyklone und Anticyklone sich befand, jedoch stetig und fast absolut genau die Isobare von 756 auf ihrer Verschiebung von W nach E begleitend. Er flog also mit dem „Minimum“ zusammen, mit anderen Worten bereits entlang der Zugrichtung der Cirren; eine interessante Thatsache, da doch der grösste Theil des Weges in nur mittleren Höhen ausgeführt wurde.

---

[1]) Wir sahen noch den Humboldthain in Berlin und konnten schon bis 800 m eine Drehung nach rechts feststellen.


Rel. Feuchtigkeit.
100%
90
80
70
60
50
40
30
20%
Temperatur
+10°
+5
±0
-5
-10
-15
-20
-25
-30°
Höhe 10 fach übertrieben.
m 6000
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
m. 0
Abfahrt B

Charlottenburg
BERLIN

mm 300
400
500
600
700
mm 750

Die vier Pilotballons, die dem „Humboldt" voraufgeschickt worden waren, kamen, vom Regen schwer, alle bereits nach kurzer Zeit, unwei von Berlin oder noch innerhalb der Stadt und offenbar nach Erreichunt nur geringer Höhen wieder herunter; sie konnten also nichts Wesentliches zur Klarstellung der Luftströmungsverhältnisse beitragen. Es genügt also die Zusammenstellung der folgenden Tabelle in dieser Beziehung.

Tabelle XI.

Pilot.	Aufstiegs-zeit.	Flugzeit.	Landungs-ort.	Richtung.	Distanz.	Geschwindigkeit m. p. s.
I	9a 48	23 Min.	Falkenberg bei Weissensee.	WSW	16 Kil.	11,6
II	10a 05	25 „	Malchow.	SWzW	$12^1/_2$ „	8,4
III	10a 49	11 „	Thurmstr.	SW	2 „	3,0
IV	11a 52	03 (??[1])	Mehrow.	WSW	20 „	?

Ganz deutlich zeigt sich schon hier, wie westlichere Richtung mit grösserer Geschwindigkeit, südlichere mit geringerer zusammen hängen — erstere beide grösseren, letztere kleineren Höhen entsprechend.

Bewölkung. Insolation.

Die Bewölkungsverhältnisse sind schon eingehend bei der Discussion der Temperatur- und Feuchtigsverhältniste erörtert worden; und es erübrigt nur noch einige Worte über die Beobachtungen der Insolation mittels des Schwarzkugelthermometers hinzuzufügen[2]).

Der durch Differenz zwischen Schwarzkugelthermometer und Lufttemperatur gemessene Betrag der Insolation, der schon in dem den obersten Theil des Wolkenmeeres bildenden Nebel 19° erreichte, stieg alsbald und betrug bereits in 2440 m, an der oberen Wolkengrenze, wo „Sonnenschein 0 bis 1" notirt wurde, $32^1/_2$°, überschritt bei 3770 m (obere Bewölkung 0, Sonnenstein 1) 40° und erreichte zweimal (in 4300 und 5600 m, Sonnenschein 2, obere Wolken 1 bis 4, cirri) fast den gleichen höchsten Werth von $49^1/_3$° und $50^1/_2$°, sonst in den grösseren Höhen meist 40—44° betragend. Die tägliche Periode spricht sich sehr gut aus in dem Zurückgehen der Strahlung um 12° in 4750 m bei der Beobachtung um 3 Uhr gegen die um 2 Uhr gemachte und um 19° in 3100 m (kurz nach 3 Uhr gegen rund 1 Uhr).

Eine Schwierigkeit eigener Art entsteht sehr oft bei der Classification der Wolkenformen, wenn von oben oder von der Seite gesehen; es ist häufig kaum möglich die für Beobachtungen auf der Erde aufgestellten

[1]) Offenbar Landungszeit unrichtig angegeben.

[2]) Das Schwarzkugelthermometer Fuess No. 301 kam fast bei unseren sämmtlichen Fahrten zur Verwendung, was die Vergleichbarkeit erhöht; übrigens zeigten auch zwei andere (No. 303 und 305) damit bei starker Strahlung verglichen Unterschiede, die im Maximum kaum 1° erreichten.



Bezeichnungen richtig anzuwenden. Nur die scharf ausgeprägten Grundformen des Cirrus und Cumulus lassen sich stets mit ziemlicher Sicherheit als solche ansprechen; dagegen ist man öfter in vollständiger Verlegenheit, als was man ein geschlossenes Wolkenmeer unter dem Ballon, besonders wenn es vorher nicht durchschnitten wurde, bezeichnen soll. Die Bemerkung folgt hier wegen der leicht zu machenden Einwendungen gegen einige der Wolkenbezeichnungen in Tabelle II.

Die XV. Fahrt des Ballons „Phönix“ am 1. Juli 1894.

Von Dr. **R. Süring** und **A. Berson.**

I. Allgemeine Fahrtbeschreibung.

Von **A. Berson.**

Das Unglück, welches den „Humboldt“ betroffen hatte — bekanntlich explodirte derselbe nach seiner 6. Fahrt in Folge eines elektrischen Funkens — war Ursache gewesen, dass die Hälfte der warmen Jahreszeit 1893 für unsere Fahrten verloren ging. So war es denn von doppelter Wichtigkeit den Sommer 1894 nach Möglichkeit auszunutzen, ganz besonders aber die langen Tage zur Zeit der Sonnenwende, um auch Abendfahrten in das Programm aufnehmen zu können, welche mit Rücksicht auf die Landung in der Regel nur in Verbindung mit einer Fahrt die Nacht hindurch bis zum Morgen sich ausführen lassen.

Nachdem ein am 9. Juni ausgeführter Aufstieg den Ballon (bei ungünstiger Witterung) in die Nähe von Breslau und auf knappe 5000 m Maximalhöhe getragen hatte, bewirkten persönliche Verhältnisse und anhaltend schlechtes Wetter, dass in der ganzen zweiten Hälfte des Monats keine Fahrt unternommen werden konnte. In den letzten Tagen des Juni erschien es endlich möglich, den geplanten Nachtaufstieg zu bewerkstelligen. So wurde denn der „Phönix“ am 30. Juni gegen Mittag ausgelegt, im Laufe des Nachmittages gefüllt und etwa um 6 Uhr wollten wir in die Höhe gehen. Plötzlich, während schon die Instrumente am Korbe angebracht wurden, fing der Ballon an, sichtlich schlapp zu werden; bald zeigte es sich, dass die Zerreissvorrichtung von selber aufgegangen war und der „Phönix“ sich mit rapider Schnelligkeit entleerte. Der in dem heissen Sommerwetter trocken gewordene Gummi — der Ballon hatte über 14 Tage in Fahrtbereitschaft gelegen — klebte nicht mehr . . . und in wenigen Minuten waren 2500 cbm Gas unwiederbringlich verloren. Es erschien im ersten Momente jede Möglichkeit ausgeschlossen, die Fahrt trotz Allem doch noch auszuführen: der Abend war bereits herangekommen und der leere Ballon lag zu unseren Füssen. . . . Aber es ist keine verlockende Idee für den Luftschiffer, eine geplant gewesene Auffahrt in dieser

unrühmlichen Weise aufzugeben! Auch war zu viel daran gelegen — aus wissenschaftlichen Gründen —, dass in diesen Tagen ein Aufstieg zu Stande kommt. So beschloss ich denn, als der für die Leitung zur Zeit Verantwortliche, Alles zu versuchen, um dennoch die Fahrt in Scene zu setzen. Der „Phönix" wurde ausgelegt, die Reissbahn bei Laternenschein neu geklebt — gegen 10 Uhr Abends begann die Neufüllung und nach einer „Nachtruhe" von kaum einer Stunde erschienen wir beide wieder auf dem Ballonplatze. Eben begann es am Himmel zu grauen: der Tag versprach heiss und gewitterhaft zu werden, wie der vorhergehende.

Da die Nachtfahrt vereitelt worden war, gedachte ich wenigstens nach Möglichkeit eine „Dauerfahrt" den langen Sommertag über auszuführen. Wir sollten die Reise zu zweit machen; die Aussichten, den Ballon recht lange halten zu können, waren also gute zu nennen.

Um 3 Uhr 47 Min. früh erhob sich nahezu gleichzeitig mit der aufgehenden Sonne der „Phönix", mit mir als Führer und Dr. Süring als meteorologischem Beobachter bei fast vollständiger Windstille in die Morgenluft. Der schwache unten herrschende Ostwind drehte ein wenig gegen Süd zu; ganz langsam nur liess ich den Ballon, von der zunehmenden Erwärmung getragen, höher gehen. Denn sollte die Fahrt thatsächlich eine „Dauerfahrt" werden, so musste mit dem Ballastvorrath für die aeronautisch stets mehr unruhigen Mittagsstunden gespart werden. Der „Phönix" hielt sich auch jetzt, nachdem die erste Unruhe des frühen Morgens mit dem Höhersteigen der Sonne überwunden war, sehr schön und fuhr volle zwei Stunden ohne jeden Ballastverbrauch.

Wir waren nördlich von Potsdam passirt und Brandenburg a. H. mit seiner schönen Wasserumgebung war vor kurzem überflogen worden, als der Ballon, welcher nach Erreichung von ca. 500 m eine rein westliche Richtung eingeschlagen hatte, nunmehr in etwa 2000 m wieder nach WSW zurückschwenkte — eine Abweichung von der gewöhnlichen Rechtsdrehung mit zunehmender Höhe, die zunächst mit der allgemeinen Druckvertheilung zusammenzuhängen schien. Seit $6^1/_2$ Uhr war die Zunahme der Sonnenstrahlung allein nicht mehr im Stande den Ballon zu halten; der Ballastverbrauch hatte wieder begonnen, aber der Phönix hielt sich im ganzen und grossen sehr gut und reagirte willig auf die bescheidenste Verminderung seiner Last.

In lichtem Sonnenglanze lag die Elbe bei Magdeburg, auf das wir nun zuflogen, mit den zahlreichen todten Armen vor uns; halb in Wolken gehüllt zeigte sich in der Ferne der Harz. Um 9 Uhr 15 Min. stand der Ballon in rund 3000 m Höhe senkrecht über dem breiten Strassenzuge, der in Magdeburg aus der Altstadt in die Neustadt führt. Wir hatten noch elf Stunden Tag vor uns, einen Ballon in bester „Condition", Platz die Menge, die günstigste Witterung und, last not least, ca. 350 bis 400 kg Ballast zur Verfügung — alle Umstände schienen also für die nun

sichere Ausführbarkeit einer ungewöhnlich langen Fahrt zu sprechen. Allein der Luftschiffer von praktischer Erfahrung weiss nur zu wohl, wie sich, wenn Alles sonst auf's beste stimmt, stets irgend ein besonderer Umstand findet, welcher die so heiss ersehnte und seit lange sorgsam vorbereitete hohe, lange oder weite Fahrt sehr ernsthaft in Frage zu stellen geeignet ist. So auch bei diesem Aufstiege des Phönix. Wir hatten in langsamer Bewegung (die secundliche Geschwindigkeit hatte während der ganzen Zeit, seit wir die untersten atmosphärischen Schichten verlassen hatten, zwischen 5 und 7 m geschwankt, nur momentan auf höchstens 8 m steigend) und nun wieder mehr und mehr eine westliche Richtung einschlagend kurz vor Mittag und in rund 4000 m uns dem Harze erheblich genähert, als ein Blick auf die mächtig über dem Gebirge sich thürmenden Wolken uns den Feind verrieth, der heute unsere längere Weiterfahrt zu bedrohen schien; es war offenbar, dass sich da vor uns ein ausgedehntes Hitze-Gewitter vorbereitete. Nun erschien es nicht sonderlich gerathen, nachdem wir einen schönen und kostbaren Ballon im Vorjahre durch einen elektrischen Funken eingebüsst hatten, seinen Nachfolger einer ähnlichen Gefahr auszusetzen, welche ausserdem hier in viertausend Meter Höhe sicheren Tod der Korbinsassen bedeutete. Ich beschloss also ohne jede Ueberstürzung, jedoch andererseits mit aller gebotenen Vorsicht zu handeln.

Gegen 1 Uhr grüsste uns aus den bis zu einer Höhe von mindestens 6000 m ragenden Gewitter-Cumulus-Massen der erste Donner. . . . Ihm folgten in Kurzem zahlreiche andere. Ich erkannte bald, nachdem ich aus dem Korbe scharfen Ausguck gehalten, die eben festgestellte zunehmende Rechtsdrehung mit der Höhe — also vom Gewitter weg! — und alle sonstigen einschlägigen Verhältnisse berücksichtigend, dass nur zwei Wege offen standen. Es galt entweder in sehr raschem Abstieg den Ballon zur Landung und vor Anker zu bringen, ehe derselbe dem Gewitter noch zu nahe gekommen war. Weil aber der Wind in den unteren Schichten gegen das Gewitter zurückdrehte, so musste dieses Heruntergehen in etwa 10 Minuten ausgeführt werden, sollten wir nicht in höchst ungünstigem, zur Landung nur sehr schlecht geeigneten Terrain in den Vorbergen des Harzes mitten in eine Unterböe des Gewittersturmes gerathen. Das zweite hingegen war: trotz dem Gewitter weiter zu fahren, dabei jedoch die Schwenkung des Windes in grösseren Höhen auszunutzen, um, langsam ansteigend, den Phönix zunächst etwa parallel dem Zuge des Gewitters, dann aber womöglich ganz aus dessen Wirkungsbereiche hinwegzubringen. Zu überstürzt durfte dieser Aufstieg auch nicht erfolgen: denn wir durften es nicht aus den Augen lassen, dass wir uns bereits in 4000 m befanden und die Möglichkeit eines raschen Landens für den Fall einer stets denkbaren plötzlichen Aenderung in der Zugrichtung des Unwetters und andere nicht vorherzusehende Ueberraschungen unter jeder Bedingung gewahrt werden musste. Das Manöver gelang vollständig: im Süden und Südwesten von

uns das grandiose Schauspiel fortwährend beobachtend und bewundernd (über dem Solling hatte sich ein zweites Gewitter gebildet) zogen wir an Wernigerode und Ilsenburg, die eben noch unterhalb des mächtigen Gewölkes hervorguckten, erst in rein westlicher Fahrt dem Gewitter parallel, passirten um 1/4 nach 1 Uhr senkrecht über Goslar — wo leider auf kurze Zeit die genaue Orientirung auf der Erde unmöglich wurde —, drehten hierauf noch mehr nach rechts, bereits etwa 10 Grad nördlich von West fahrend: und nach vollen zwei Stunden derartigen immerhin spannenden, stillen, aber nicht minder hartnäckigen Kampfes mit dem ungemüthlichen Begleiter im Süden konnte ich endlich in mein Tagebuch die Bemerkung niederschreiben: „Gott sei Dank entfernen wir uns jetzt endgültig vom Gewitter!" . . .

Wir hatten unterdessen 5000 m erreicht und näherten uns nun der Weser, deren weitgeschwungene Bogen schon aus der Ferne herüberleuchteten, aus dieser bedeutenden Höhe in der That den viel missbrauchten Vergleich mit dem silbernen Bande herausfordernd. Um 4 1/4 Uhr überflog der Phönix den Strom und erreichte 3 Minuten nach 1/2 5 Uhr seine Maximalhöhe, 5265 m, aus welcher ich, da wir nur noch wenig über 100 kg Ballast an Bord besassen, stufenweise und die Fahrt in geringeren Höhen noch nach Möglichkeit ausdehnend herabzugehen beschloss. Ueber anderthalb Stunden dauerte dieser Abstieg, der dreimal durch Ballastauswerfen nach Wunsch gemildert, bezw. unterbrochen wurde. Fast vollständig bewegungslos hatte der Ballon längere Zeit nördlich von Pyrmont gestanden; dann zog er, bei weiterem Fallen, wie erwartet worden war, nach links zurückschwenkend, in's Lippe'sche hinüber. Hier wurde nun in ziemlich gebirgigem Terrain dicht vor einem Walde bei dem Gute Mönchshof, nördlich von dem Städtchen Barntrup, in einem hoch in Aehren stehenden Weizenfelde eine äusserst sanfte Landung nach dreimaligem leichten Aufschlagen des Korbes bewerkstelligt.

Es war 7 Minuten nach 6 Uhr, trotz der vorgerückten Tageszeit jedoch herrschten nach einem glutheissen Sommertage jetzt noch immer über 25 Grad C. im Schatten. Die Bergung des Ballons nebst Instrumenten, Utensilien etc. inmitten einer riesenhaften, dichtgedrängten Menschenmenge (es war ein Sonntag-Abend und das ganze Barntrup war zusammengeströmt!) in der noch immer sengenden Sonne, nach einer in bedeutenden Höhen ausgeführten, 11 1/2 stündigen Ballonreise, die einer fast total schlaflosen Nacht gefolgt war, unter gezwungener Verzichtleistung auf Beihülfe seitens meines von all' dem unpässlich gewordenen Begleiters stellte sich als eines der anstrengensten Erlebnisse aus meiner Ballon-Praxis heraus. Nach grossen Mühseligkeiten war endlich unter mehr gutgemeinter als wirklich brauchbarer Assistenz von etwa 800 bis 1000 Menschen Alles verpackt; mein Reisegenosse hatte sich ziemlich erholt und dunkelroth verbrannt von der Sonnenstrahlung in den grossen Höhen und über und über mit Schweiss bedeckt

zogen wir in dem Städtchen ein. Der Ballon und alles Zubehör war absolut unversehrt geblieben.

Am nächsten Morgen rollten wir über die schönen Hügellandschaften Lippes dem 20 Kilometer entfernten Pyrmont zu, um bereits um 6 Uhr Abend mit dem von Köln kommenden Schnellzuge wieder in Berlin einzutreffen.

Die oben in Kürze geschilderte fünfzehnte Reise des „Phönix“ war der Absicht gemäss zu einer wirklichen „Dauerfahrt“ geworden; sie übertraf in dieser Beziehung alle ihre Vorläuferinnen aus der „Humboldt-Phönix“-Fahrtenreihe um ein Erhebliches. Auch mit der erreichten Höhe von über 5250 m konnten wir um so mehr zufrieden sein, als die Erstrebung grosser Höhen diesmal nur in zweiter Linie auf dem Programm stand. Räumlich hatte sich die Reise bei der im ganzen nur recht langsamen Fortbewegung nicht zu einer besonders ausgedehnten gestaltet; wenigstens nicht im Verhältniss zu der langen Zeitdauer, welche sie in Anspruch genommen hatte. Die gesammte Fahrtlänge hatte 306 km betragen.

2. Meteorologische Ergebnisse.

Von **R. Süring.**

Ueber die Bearbeitung von Ballonfahrten während des Sommers ist in dieser Zeitschrift seit längerer Zeit wenig Ausführliches gebracht; wir müssen bis auf die Jahrgänge 1890 bezw. 1889 zurückgehen, wo von Prof. Kremser die Fahrt des „Herder“ am 23. Juni 1888 und von Hauptmann Gross die Fahrten von „Nautilus“, „Orion“ und „Lerche“ am 19. Juni 1889 dargestellt sind. Es schien daher am Platze, aus den „Phönix“-Fahrten nunmehr eine solche herausgreifen, welche an einem ausgeprägten Sommertage im Gebiete hohen Luftdruckes stattgefunden hat.

Ueber die Anstellung der Beobachtungen ist nach den früher in dieser Zeitschrift erschienenen Fahrt-Untersuchungen wenig hinzuzufügen. Da der Ballon am 1. Juli nicht direkt in Wolken kam und die Temperatur nur bis $-9\frac{1}{2}°$ sank, so bot die Behandlung der Instrumente keinerlei besondere Schwierigkeiten dar; es konnten daher verhältnissmässig zahlreiche Beobachtungen angestellt werden und den Einzelwerthen ist mit Rücksicht auf die gleichförmige Bewegung des Ballons ziemlich grosse Sicherheit zuzuschreiben. Wenn trotzdem die Temperatur-Ablesungen bei geringen Höhenunterschieden recht erheblich von einander abweichen, so wird man diese Erscheinung als thatsächlich vorhanden ansehen können. Bis zur Maximalhöhe von 5265 m finden sich in gleichen Höhenschichten annähernd gleich viel Beobachtungen vor, leider gilt das Gleiche nicht vom Abstieg, da hier in Folge von Unwohlbefinden des Verf. nur ganz wenige Aufzeichnungen gemacht wurden.

Als recht zuverlässig wird man auch die Psychrometerstände ansehen können. Bis gegen Mittag wurden bei den meisten Beobachtungen die beiden feuchten Thermometer des dreifachen Aspirations-Psychrometers

gleichzeitig abgelesen, die Differenzen überschritten nur in 3 Fällen 0°.2 und sind also meist zu vernachlässigen; durch diese Beobachtungsweise liessen sich auch die Zeiten, wo eines der feuchten Thermometer, unter 0° stehend, mit überkaltetem Wasser und nicht mit Eis bedeckt war, ziemlich scharf ermitteln. Praktisch von grösserer Wichtigkeit ist die Frage, ob bei der ungleichen Empfindlichkeit des trockenen und des feuchten, namentlich des mit Eis bedeckten Thermometers und bei den raschen Temperaturänderungen an diesem Tage das feuchte Thermometer den Schwankungen rasch genug gefolgt ist. Nach den Vergleichen mit dem Haarhygrometer, welches nach Anbringung einer Correction von — 10% leidlich mit dem Psychrometer übereinstimmt, scheint dies der Fall zu sein. Immerhin kann bei unserer Fahrt, wo die aufeinander folgenden Ablesungen meist nur um einige Zehntel von einander abwichen, der Fehler nicht bedeutend sein, denn eine Abweichung von 0.°1 in der Temperaturbestimmung des feuchten Thermometers bedingt bei — 10° Lufttemperatur im Meeresniveau einen Unterschied von 0.05 mm Dampfdruck, bezw. 3% relativer Feuchtigkeit, in 5000 m Höhe jedoch nur 0.02 mm, bezw. 1%. Selbst bei einem Fehler von 0°.5 ist also die Abweichung höchstens von der Grössenordnung, welche durch die in Tabelle V dargestellte Unsicherheit entsteht, je nachdem wir die Psychrometertafel für gesättigten Wasserdampf oder für Eisdampf benutzen.

Zur Vervollständigung mag noch angefügt werden, dass die Höhenwerthe den Angaben eines Aneroids unter vielfacher Controlle durch ein Quecksilberbarometer entnommen sind, mit Berücksichtigung der schon früher von anderer Seite geschilderten Vorsichtsmassregeln, sowie, dass die nun folgende Uebersicht über die Ergebnisse sich in ihrer Anordnung und namentlich in der Aufstellung der Tabellen möglichst eng an die Discussion der Ballonfahrten vom 1. und 14. März anschliesst.

Die Witterungslage.

Vergleicht man die Wettervertheilung über Europa für den der Ballonfahrt voraufgehenden und den ihr folgenden Abend, so wird man kaum irgend welche nennenswerthe Verschiedenheiten finden. Hoher Luftdruck von über 770 mm erstreckt sich von NNW her bis gegen die Alpen, sehr schwache nördliche Winde wehen in Central-Europa, die Temperaturen bewegen sich hier meist zwischen 20 und 25°. Diese Gleichmässigkeit findet sich in erhöhtem Masse über dem Gebiete, welches der Ballon überflogen hat, hier hat am 1. Juli 9ᵖ der Luftdruck gegen den Vortag um etwa 1 mm abgenommen, die Temperatur ist um 1° gestiegen, Feuchtigkeit und Windvertheilung sind ziemlich unverändert geblieben. Der erste Juli 1894 kann als der Typus eines Sommertages gelten; er war einer der wärmsten Tage des Jahres, Vormittags wurde allgemein im nordwestlichen Deutschland das Monats-Maximum des Luftdrucks, Mittags an mehreren Stationen die geringste relative Feuchtigkeit des Monats erreicht. Aus



den für die Zeit der Ballonfahrt erbetenen freiwilligen Aufzeichnungen der meteorologischen Stationen lässt sich auch die tägliche Periode mehrerer meteorologischer Elemente, insbesondere das Vormittagsmaximum des Luftdrucks und das mittägliche Anwachsen der Windstärke mit voller Deutlichkeit erkennen. Starke Temperatur-Gradienten und Nebelbildungen finden wir nur an der Nordseeküste, auf Helgoland herrscht während des ganzen Tages Nebel; in schwächerem Masse ist der Temperaturabfall an der Ostsee erkennbar. Alles dies deutet darauf hin, dass die Witterungsvertheilung am Erdboden fast ausschliesslich durch die Wirkung der Sonnenstrahlung bedingt war, dass dagegen Luftzufuhr nur einen geringen Einfluss ausgeübt haben kann. Wir haben also den denkbar einfachsten Fall eines Wärmeaustausches zwischen Erde und Atmosphäre vor uns.

Tabelle I.

Meteorologische Elemente für die Fusspunkte der Ballonbahn (1. VII. 1894).

Zeit	Luftdruck (N.N.)	Temp. (N.N.)	Dampfdruck	Relative Feuchtigkeit	Bewölkung.		Wind	Bemerkungen.
3^{45}a	769.9	14°.6	11.5	88	1^{0}	ci am Horiz.	NNW_1	
4^{0}	69.9	14.5	11.6	90	1^{0}	"	NNW_1	
4^{30}	70.2	14.8	11.5	92	1^{0}	"	NNW_1	
5^{0}	70.5	15.3	12.0	92			NNW_2	
5^{30}	70.5	15.9	12.5	92				
6^{0}	70.5	17.4	12.2	83	8^{0} ∽	ci, ci-str.	NE_2	Sonnenring $7-9^{a}$ (Potsdam Brandenburg).
6^{30}	70.5	18.1	12.2	79	8^{0} ∽			
7^{0}	70.5	18.8	12.0	74	8^{0} ∽	ci-str., a cu	NE_2	
7^{30}	70.5	19.7	13.0	76				
8^{0}	70.5	20.7	14.0	78	8^{0}	ci a. E	NE_2	
8^{30}	70.5	22.5	14.0	69				
9^{0}	70.5	24.2	13.6	61	0		WNW_1	
9^{30}	70.4	24.6	13.4	58	1^{1}	ci a. NE		
10^{0}	70.2	25.5	13.2	55	1^{1}	cu a. NE	WNW_1	
10^{30}	70.2	26.3	13.1	52	1^{1}	"		
11^{0}	70.0	27.0	13.5	51	1^{1}	ci a. SE, cu a. NE	NE_2	
11^{30}a	69.8	27.6	13.5	48	1^{1}	"		
Mittag	69.8	27.8	13.9	50	1^{1}	"	NE_3	
0^{30}p	69.6	28.5	13.4	47	1^{1}			
1^{0}	69.6	28.9	12.5	43	$1^{1}-7^{1}$	cu a. E	NE_2	
1^{30}	69.4	29.1	11.5	38	$1^{1}-6^{1}$	"		T $1^{15}-1^{30}$p (Klausthal)
2^{0}	69.3	29.4	11.7	38	$1^{1}-7^{1}$	"	NE_3	
2^{30}	69.0	29.4	12.0	40	4^{1}			
8^{0}	68.9	29.5	12.5	44	5^{1}		ENE_2	
3^{30}	68.9	29.5	(13.0)	43	5^{1}			
4^{0}	68.9	29.5	(13.5)	44	5^{1}		ENE_2	
5^{0}	(68.8)	(28.5)						
6^{0}	(68.8)	(27.5)						
6^{30}p	(68.8)	26.5	12.3	52				

Scheinbar im Gegensatz zu dieser gleichmässigen Vertheilung steht die Regellosigkeit der Temperatur- und Windverhältnisse, wie wir sie auf den Karten der Taf. II finden und wie sie in ungleich höherem Masse die Vergleichung der Einzelwerthe zeigt. Die localen Verhältnisse bedingen fast ausschliesslich diese Unterschiede; kleine Erhebungen bewirken schon, dass ein Ort Morgens viel zu warm, dagegen Mittags zu kühl ist im Vergleich zu Thalstationen. Die Aufstellung der Tabelle I bot daher grosse Schwierigkeiten dar, und es bleiben trotzdem manche Unsicherheiten bestehen. Aus dem reichhaltigen Material der freiwilligen Beobachter, von denen verschiedene schon seit 5 Uhr früh thätig waren, konnten für die Feststellung der Fusspunkte benutzt werden: Berlin (Ballonplatz und landwirthschaftliche Hochschule), Potsdam, Brandenburg, Magdeburg, Braunschweig, Klausthal, Kassel und Gütersloh. Der Fehler der in Tabelle I mitgetheilten Temperaturen am Erdboden wird stellenweise wohl 0°.5 erreichen, derjenige des Dampfdrucks 1 mm, derjenige der relativen Feuchtigkeit 5%; ganz unsichere Werthe sind in Klammern eingeschlossen. Auf die Beobachtung der Windrichtung am Erdboden ist kein allzu grosses Gewicht zu legen; die Sprünge in der Bewölkung sind theils durch verschiedene Schätzung einer leichten Ci.-Strat.-Decke, theils durch eine ungleich vertheilte Dunstschicht zu erklären. Nachmittags war die Bewölkung auf kleinem Gebiete sehr wechselnd. Die Richtung der Wolken war durchweg eine östliche, schwankend zwischen SE und NE.

In Bezug auf die beigefügten Wetterkarten auf Tafel II müssen noch einige Erläuterungen gegeben werden. Bei der Zeichnung erhob sich vor Allem die Frage nach der Reduction der beobachteten Temperaturen auf das gleiche Niveau. Der Ballon-Aufstieg zeigt, dass Morgens die Verhältnisse in den untersten Schichten sehr gestört waren, dementsprechend erhalten wir nach den Ballon-Beobachtungen einen starken täglichen Gang der verticalen Temperaturabnahme auf 100 m (Δt_{100}), nämlich:

Zeit:	4a	5a	6a	7a	10a	Mttg.	2p	4p
Δt_{100} =	— 0.84	— 0.05	0.36	0.49	0.74	0.78	0.79	0.76
Δh =	440 m	1040	1560	2110	3330	3980	4620	5040

Es wäre natürlich falsch, wollte man diese Vertheilung ohne Weiteres als täglichen Gang für die Stationen benutzen. Die Vergleichung einiger Stationen in verschiedener Höhenlage giebt denn auch thatsächlich ein ganz anderes Bild von Δt auf 100 m.

	Δh	7a	2p	9p
Schneekoppe—Eichberg	(1254 m)	0.56	0.92	0.46
Wang-Eichberg	(524)	— 0.13	0.80	0.10
Inselsberg—Erfurt	(687)	0.00	0.77	0.33
Inselsberg—Waltershausen	(567)	— 0.16	1.13	0.18
Schmücke—Erfurt	(692)	0.03	0.65	0.43
Schmücke—Rudolstadt	(712)	— 0.32	0.83	0.32
Klausthal—Braunschweig	(509)	— 0.87	1.03	0.41
Klausthal—Ilsenburg	(312)	0.01	0.87	— 0.43

Auf Grund dieser Zusammenstellung und der für solche Wetterlage geltenden mittleren Werthe wurde zur Reduction auf das Meeresniveau für 5 und 7ª 0°.0, für 10ª 0°.6, für 2 und 4ᵖ 0°.8, für 9ᵖ 0°.2 auf je 100 m angenommen. Die Karte für 5 Uhr früh ist nicht reproducirt, da sie nur auf den Angaben von 9 Stationen beruht, man sieht auf derselben bereits, wie die Temperatur von Ost nach West zunimmt. Um 7 Uhr befindet sich der Ballon zwischen Brandenburg und Magdeburg über einem Gebiet von recht gleichmässiger Temperaturvertheilung. Sehr dicht drängen sich die Isothermen über dem Harz zusammen — um das Bild nicht zu verwirren, sind für 7ª die Isothermen von 2° zu 2°, später von 1° zu 1° gezogen —, das Temperaturmaximum befindet sich am Nordabhange des Harzes; abgesehen von einigen leichten Cirren kommt die Sonne hier fast überall ungehindert zur Geltung. Um 10 Uhr hat sich das Bild äusserlich wieder vereinfacht, die steilen Temperaturgradienten über dem Harz sind verschwunden, denn besonders hier bilden sich die Cumuli und beschatten das Land, während in grösserer Entfernung vom Gebirge nur leichte Wolkenbildung zu beobachten ist. Ein zweites Temperaturmaximum hat sich über dem sumpfigen Havelland und über der Priegnitz ausgebreitet. Um 2 Uhr hat der Ballon die Vorberge des Harzes passirt, über dem Harz ist es inzwischen zu schwachen Gewitterbildungen gekommen. Die Temperaturvertheilung ist ziemlich regelmässig. Das Maximum liegt im Südwesten unseres Gebietes, am Rhein; Temperaturen von mehr als 30° bestehen östlich vom Harz bis nach Magdeburg. Die Wetterkarte für 4ᵖ, welche ebenfalls wegen zu geringer Anzahl von Beobachtungen nicht gedruckt ist, zeigt das Maximum der Temperatur bei Darmstadt mit mehr als 30°. Gewissermassen als das Ergebniss der am Tage zur Ausbildung gekommenen Prozesse kann die Karte für 9 Uhr Abends gelten. Ein erhebliche Abkühlung hat nur über dem Harz und dem Thüringerwald stattgefunden, aber die Temperaturen sind höher als am Vortage, so dass auch hier keine Verschiebung der Wetterlage eingetreten ist.

Wie gleichmässig die Temperatur- und Luftdruckvertheilung über ganz Europa war, zeigen die folgenden nach den Wetterberichten der deutschen Seewarte übertragenen Kärtchen.



1. Juli 1894, 8ª.



1. Juli 1894, 8ᵖ.

Es wird vielleicht auffallen, dass die hier eingezeichneten Isobaren mit den Isobaren auf den Karten grösseren Massstabes auf Tafel II nur mangelhaft übereinstimmen. Dies erklärt sich durch die abweichende Reduktion der Barometerstände auf das Meeresniveau. Auf der Seewarte werden die Monatsmittel der Temperatur zur Reduktion benutzt, während den grösseren Karten die Temperaturen des betreffenden Termins, welche an diesem Tage nicht unerheblich vom Monatsmittel abwichen, zu Grunde gelegt sind. Bei der diesmal geringen Bedeutung des Luftdrucks schien ein Versuch, die Differenzen auszugleichen, überflüssig. Tab. II s. S. 144—48.

Temperaturverhältnisse.

Die Tabelle II, welche unserem Princip gemäss alle im Ballon angestellten Beobachtungen enthält, um jegliche andere Gruppirung des Materials oder eine Kritik zu ermöglichen, liefert zunächst nur ein recht undeutliches Bild von der verticalen Temperaturvertheilung. Wir erkennen jedoch sofort folgende Hauptpunkte: eine starke Temperatur-Zunahme von über 3° bis zu 250 m, darauf eine ziemlich isotherme Schicht bis 800 m, wobei die relative Feuchtigkeit abnimmt, und dann eine vielfach gestörte, aber im Ganzen doch stets wachsende verticale Temperaturabnahme mit zwei Feuchtigkeitsmaxima in 2000 und 3500 m Höhe. Dabei ist zu beachten, dass die immer stärker werdende verticale Temperaturabnahme (vom Erdboden aus gerechnet) weniger einer Aenderung in den höheren Schichten zuzuschreiben ist, als vielmehr der starken Erwärmung am Erdboden. Von einer Berechnung der Temperaturänderung von einer Beobachtung bis zur nächstfolgenden ist in Tabelle II abgesehen worden, da wegen der meist geringen Höhenunterschiede zwischen zwei Ablesungen kleine Störungen unverhältnissmässig stark hervortreten würden.

Unabhängig vom Gesammtverlauf der Fahrt kann die Temperaturvertheilung bis zu 1000 m Höhe betrachtet werden, da es sich um eine ausschliesslich von den Terrainverhältnissen und der Tageszeit abhängige Erscheinung handelt. Zur genaueren Verfolgung derselben sind bis 1000 m die meteorologischen Elemente, stufenweise von 100 zu 100 m berechnet, in Tabelle III zusammengestellt. (s. S. 149.)

Das Maximum der Temperatur wird in 200 m Höhe angetroffen; hier scheint auch schon die Dunstschicht, welche über der Erde lag, durchschnitten zu sein, und es beginnt eine langsame Abnahme, die zwischen 600 und 800 m wieder gestört ist. Vielleicht hängt dies damit zusammen, dass der Ballon sich über dem Gebiet der Havelseen befand, wo eine dichtere und deshalb stärker reflectirende Dunst- oder Nebelschicht sich entwickelt hatte. Von 800 bis 1100 m erfolgt die Temperaturabnahme annähernd adiabatisch, höher hinauf treten dann wieder Unregelmässigkeiten ein, welche mit dem wachsenden Tage immer häufiger werden. Das Minimum der relativen Feuchtigkeit fällt nicht mit der höchsten Temperatur zu-

Tabelle II.

Zeit	Reduc. Luftdruck oben (Ballon)	Reduc. Luftdruck unten (N. N.) 700 +	Thermometer oben trocken	Thermometer oben feucht	Temperatur unten	Höhe über N. N. m	Temp.-Abnahme auf 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigk. Psychr.	Rel. Feuchtigk. Haarh.	Bewölkung über dem Ballon	Bewölkung unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer	Bemerkungen.
3h 47	766.8	69.9	15.3	14.2	(14.6)	35		11.49	88						Auffahrt des „Phönix".
49	57.0	69.9	17.6	14.2	14.6	144	−2.09	10.34	68		2¹	0 x			Verwaschene Ci-strat, meist am Horizont.
50	53.3	69.9	18.3	13.6	14.6	186	−1.99	9.23	60						
51	53.3	69.9	18.6	13.3	14.6	186	−2.15	8.71	55						
52	50.8	69.9	18.8	13.3	14.6	215	−1.96	8.6[illegible]	53	70					
53	48.1	69.9	18.6	14.0	14.6	246	−1.62	9.61	60						
54	48.3	69.9				244									
55	47.5	69.9	18.4	14.6	14.5	253	−1.54	10.47	66	75					Nebel üb. den Wiesen.
57	31.7	69.9	18.4	14.5	14.5	437	−0.89	10.39	65	72					
58	30.8	69.9	18.2	13.9	14.5	453	−0.83	9.73	63	73					
4h 00	31.4	69.9	18.2	13.9	14.5	440	−0.84	9.73	63						Sonne wird sichtbar.
1	31.1	69.9				444									
2	31.1	69.9	17.8	14.0	14.5	444	−0.75	10.05	66						
5	24.1	69.9	17.7	12.4	14.5	526	−0.61	8.17	55						
6	25.3	69.9				512									
8	26.6	70.0	17.8	12.7	14.5	497	−0.66	8.47	57	68	3¹	0 ∞	⊙⁰		Ci-strat mit schärferen Formen, meist streifig.
12	21.7	70.0	17.8	12.7	14.6	554	−0.58	8.47	57	68			⊙⁰		
14	22.9	70.0	17.8	12.4	14.6	540	−0.59	8.13	54						
17	14.8	70.0	17.6	11.2	14.7	636	−0.46	6.87	46				⊙¹	19.6	
18	16.7	70.1				614									
20	19.4	70.1	17.8	11.2	11.8	581	−0.53	6.76	45		2¹	0 x			
21	18.1	70.1	18.3	11.2	14.8	656	−0.53	6.55	42	49					
23	13.1	70.1	18.2	10.3	14.8	656	−0.52	5.17	33						
25	10.8	70.1				684							⊙	19.2	Sonne wird weiss.
26	08.8	70.2	18.2	9.6	14.8	708	−0.48	4.87	32	43			⊙¹	19.5	
28½	09.3	70.2				702									
29	09.1	70.2	18.2	9.6	14.8	704	−0.48	4.87	32	43			⊙²	20.2	
30	706.2	70.2	18.1	9.4	14.8	738	−0.45	4.73	31	42			⊙²	20.5	
32	699.8	70.2				817									
33	699.5	70.2	17.8	8.4	14.8	821	−0.37	3.86	25	30			⊙²	20.8	
34½	700.3	70.3				811									
36	702.4	70.3	17.8	8.6	14.9	786	−0.37	3.96	26	39			⊙²	21.5	
41	694.6	70.3	17.3	9.3	14.9	882	−0.27	5.05	34	43				22.2	
43	93.5	70.3	17.1	9.8	15.0	895	−0.23	5.14	35	43				22.6	
47	90.1	70.4	17.0	9.5	15.0	937	−0.22	5.42	38	48				23.0	
49	88.5	70.4				957									
50	88.7	70.4	16.8	9.7	15.1	956	−0.18	5.73	40	49	1⁰	0 x	⊙²	23.2	Stellenweise leichte Dunstschichten.
53	86.7	70.4	16.4	10.4	15.2	980	−0.12	6.67	48	53				23.4	
55	85.4	70.5	16.1	10.8	15.[illegible]	996	−0.09	7.24	54	59				23.4	
57	83.3	70.5				102[illegible]									
5h 1	81.9	70.5	15.8	10.6	15.3	1040	−0.05	7.16	54	59			⊙²	23.6	
3	81.1	70.5	16.0	10.6	15.4	1050	−0.06	7.08	53	60					
6	78.5	70.5	15.7	10.2	15.4	1082	−0.03	6.79	52	59				25.0	
11	75.5	70.5	15.9	9.4	15.5	1120	−0.04	5.88	44	55				25.0	
13	74.5	70.5	15.7	9.2	15.6	1133	−0.01	[illegible].76	44	53				25.4	
16	72.6	70.5	15.7	9.5	15.7	1157	0.00	6.08	46	57	1⁰	0		25.6	Dunst nimmt zu und wird allgemeiner.
19	70.1	70.5	15.5	9.6	15.7	1188	0.02	6.29	48	58				26.2	
21	67.1	70.5				1226									
22	66.5	70.5	14.7	9.4	15.8	1234	0.09	6.45	52	60				25.6	
24	65.1	70.5	14.6	9.4	15.9	1252	0.10	6.49	52	62				23.5	5²⁴—²⁹, 5⁴⁰—⁴⁹ Schleppgurt herab.
29	61.5	70.5	13.9	9.5	15.9	1300	0.15	6.92	58	67				25.9	
40	53.5	70.5	13.6	9.6	16.3	1403	0.19	7.17	62	70				28.2	
45	51.5	70.5	13.8	9.4	16.5	1429	0.19	6.88	59						
49	48.1	70.5	12.8	9.0	16.8	1473	0.27	6.93	62	71				29.9	
50	47.5	70.5				1481									

Zeit	Reduc. Luftdruck oben (Ballon)	unten (N. N.) 700 +	Thermometer oben trocken	feucht	Temperatur unten	Höhe über N. N. m	Temp.-Abnahme auf 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigk. Psychr.	Haarh.	Bewölkung über dem Ballon	unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer	Bemerkungen.
5a 53	645.7	70.5	12.6	9.4	17.1	1505	0.30	7.41	68	73				29.6	5[54] [illegible]s Ankertau herab
6a 00	41.1	70.5	11.8	9.0	17.4	1565	0.36	7.36	72	78					
2	88.1	70.5	11.5	9.0	17.4	1605	0.37	7.50	75	79				28.5	
8	87.5	70.5	11.7	9.0	17.6	1613	0.37	7.41	73	81					
9	84.8	70.5				1650									
11	83.3	70.5	11.0	8.9	17.7	1670	0.40	7.63	77	88	0	x^0			Ganz leichter Dunst, gleichmässig ausgebreitet.
13	31.1	70.5	10.7	8.9	17.7	1699	0.41	7.74	81	90				26.7	
20	29.8	70.5	10.6	9.0	17.8	1716	0.42	7.89	83	9[illegible]	1^1	x^0	$\odot^2$	29.0	Erste schwache Cum.-Bildung im E.
27	25.1	70.5	10.2	8.5	18.0	1780	0.44	7.57	82	90	1^1	x^0			
30	22.3	70.5	9.9	8.3	18.1	1818	0.45	7.49	82	91	1^1	x^0			
32	24.3	70.5				1791									
37	16.7	70.5	9.9	7.7	18.2	1893	0.44	6.93	76	82	2^1	x^0			
39	13.9	70.5	9.4	6.8	18.2	1932	0.46	6.31	71	77	2^1	x^0			Cl treten schärfer hervor.
41	16.1	70.5	9.4	7.2	18.3	1901	0.47	6.61	75	82	2^1	x^0			
41½	16.1	70.5				1901									
42	17.3	70.5				1885									
46	09.0	70.5	8.9	6.4	18.4	2000	0.48	6.16	73	78	3^1	x^0	$\odot^2$	29.6	
48	06.8	70.5	8.5	6.0	18.5	2031	0.49	5.97	73	77	3^1	x^0		29.6	
54	05.8	70.5	8.6	5.4	18.6	2045	0.49	5.41	65	71	3^1	x^0		30.8	
54½	05.5	70.5				2050									
7a 2	02.5	70.5				2091									
5	00.7	70.5	8.7	4.7	19.0	2117	0.49	4.79	57	70	2^1	x^0	$\odot^2$	31.[illegible]	
7	02.8	70.5				2095									
12	608.1	70.5	8.6	5.6	19.2	2084	0.51	5.58	67	73	2^1	x^0		31.4	
19	592.2	70.5	7.0	4.3	19.4	2235	0.56	4.52	59	73	2^1	x^0			
19½	95.5	70.5				2190									
22	95.5	70.5	7.9	4.4	19.5	2190	0.53	4.86	61	71				27.4	
26	87.6	70.5	6.6	4.2	19.6	2302	0.56	5.22	72	77	2^1	x^0			
28	86.0	70.5	6.3	4.2	19.7	2325	0.58	5.28	74	78			$\odot^2$	26.4	
31	86.8	70.5				2313									
35	85.6	70.5	6.4	4.3	20.0	2330	0.58	5.39	75		2^1	x^0			
41	85.8	70.5				2327									
45	83.9	70.5				2354									
46	84.2	70.5	7.0	5.[illegible]	20.2	2350	0.5[illegible]	5.74	77	79					
50	81.2	70.5	6.5	4.1	20.4	2393	0.58	5.19	72	79	2^1	x			
52½	78.7	70.5				2430									
53½	81.1	70.5				2395									
57	80.4	70.5	6.4	3.9	20.6	2405	0.59	5.07	71	77					
8a 5	71.7	70.5	5.5	3.4	20.8	2530	0.60	4.99	74	77			$\odot^2$	26.2	
6½	77.2	70.5				2450									
13	69.2	70.5	5.3	3.[illegible]	21.2	2567	0.62	4.80	72	74				27.5	
13½	70.5	70.5				2548									
19½	71.4	70.5				2535									Cum am Harz.
22½	68.5	70.5				2578									
28	63.5	70.5	5.2	2.4	22.2	2651	0.64	4.22	64	72	2^1	x			
30	65.9	70.5	5.2			2616									
31	69.5	70.5				2564									
34	66.4	70.5	5.4	2.6	22.7	2609	0.66	4.30	64	72				28.0	
38	60.6	70.5	4.9	1.5	23.0	2695	0.66	4.85	59	67	2^1	x		30.5	
40½	61.8	70.5				2678									
44	56.8	70.5	4.7	1.3	23.3	2751	0.68	3.78	60	63				34.[illegible]	
48	56.7	70.5				2753									
50	61.8	70.5				2680									
52	58.6	70.5	5.2	1.9	23.9	2727	0.69	4.02	61	64	2^1	x^0		35.6	
56	47.7	70.5	3.5	0.1	24.1	2890	0.71	3.37	58	62				35.7	

Zeit	Reduc. Luftdruck oben (Ballon)	Reduc. Luftdruck unten (N. N.)	Thermometer oben trocken	Thermometer oben feucht	Temperatur unten	Höhe über N. N. m	Temp.-Abnahme auf 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigk. Psychr.	Rel. Feuchtigk. Haarh.	Bewölkung über dem Ballon	Bewölkung unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer	Bemerkungen.
8a 58	551.0	70.5				2840									
9a 5	42.6	70.5	2.9	−0.4	24.4	2966	0.71	3.26	58	61	2^1	∞^0	$\odot^2$	35.0	
8	54.0	70.5				2796									
10	56.0	70.5				2767									
14	51.2	70.5	3.6	1.0	24.5	2838	0.73	3.89	65	68					
15	45.9	70.5				2917									
17	37.9	70.4	2.7	−0.6	24.5	3036	0.73	3.27	59	63	2^1	∞^0	$\odot^1$	33.3	
20 3/4	37.9	70.4				3037									
25	43.0	70.4				2960									
28	31.9	70.4	2.3	−1.4	24.6	3129	0.74	2.84	53	62					Allgemeine Cum.-Bildung in sehr geringer Höhe unterhalb der Dunstschicht.
35	49.0	70.4				2873									
40	38.6	70.4	2.8	−0.6	24.9	3027	0.73	3.16	55	61	2^1	1^1	$\odot^1$	33.0	
49	25.6	70.3	1.3	−2.3	25.2	3226	0.74	2.61	52	58					
50	25.8	70.3	1.2	−2.6	25.2	3223	0.75	2.46	49		2^1	2^1		34.6	
52	24.2	70.3				3248									
56	29.8	70.2				3161									
10a 1	18.9	70.2	0.9	−3.2	25.5	3331	0.74	2.22	45	54	2^1	2^1	$\odot^1$	33.3	Verwaschene Ci-strat.
3	21.8	70.2				3285									Schwacher Sonnenring.
6	20.5	70.2	1.0	−2.7	25,6	3305	0.75	2.48	51	51	2^1	2^1		33.3	
8	17.1	70.2	0.7	−3.6	25.7	3360	0.74	2.05	44	48	2^1	3^1		33.4	
12	19.8	70.2				3317				50	2^1	3^1	$\odot^1$	33.6	
15	25.0	70.2	0.6	−3.3	25.9	3237	0.78	2.24	47	48	2^1	3^1		34.0	Cum durchbrechen die Dunstschicht, oberhalb derselben thurmförmig.
18	21.8	70.2				3286									
20	25.7	70.2				3227									
27	14.6	70.2	0.5	−3.7	26.2	3400	0.75	2.05	43	49			$\odot^1$	34.6	
28	15.1	70.2	0.7	−3.8	26.2	3392	0.75	1.93	40	49	2^1	3^1		33.6	
29	15.1	70.2				3392									
30	17.8	70.2	1.4	−3.7	26.3	3350	0.71	1.74	36	49	1^1	3^1			Zenith klar.
33	13.8	70.2	0.8	−3.6	26.4	3412	0.75	2.02	42	52	1^1	3^1			
35	10.7	70.2	0.4	−4.0	26.5	3461	0.75	1.93	41	53	1^1	3^1	$\odot^2$	30.6	
40	16.8	70.1	1.6	−3.5	26.6	3368	0.71	1.80	35	50			$\odot^1$	33.2	
41	17.8	70.1				3352									
49	05.7	60.1	−0.1		26.7	3542	0.76								
50	11.8	70.1				3445									
51	14.5	70.1	0.9	−4.2	26.8	3402	0.76	1.62	33						Cum über dem Harz durchbrechen die 2te höhere Dunstschicht.
53	12.0	70.0	1.6	−3.5	26.9	3443	0.74	1.80	35	52	1^1	3^1	$\odot^2$	34.6	
58	08.0	70.0	0.3	−3.8	27.0	3507	0.76	2.09	45	53					
11a 0	06.7	70.0	−0.1	−3.8	27.0	3527	0.77	2.22	49						
2	03.8	70.0	−0.3	−3.1	27.1	3574	0.76	2.68	60	58				34.5	
6	506.7	70.0				3528									
14	497.5	70.0	−0.9	−4.1	27.2	3675	0.76	2.33	55	58				35.0	
18	505.7	69.9				3544									
19	505.6	69.9	0.4	−3.1	27.3	3546	0.76	2.48	53						
20	503.0	69.9	0.6	−2.9	27.4	3588	0.75	2.54	54	58	1^1	3^1		34.7	
25	492.6	69.9				3758				59				33.4	
26	91.7	69.8				3773									
27	91.7	69.8	−2.2	−4.6	27.5	3725	0.80	2.49	64						
28	99.7	69.8				3645									
31	92.4	69.8	−0.6	−3.8	27.6	3762	0.75	2.31	53						
32	89.8	69.8	−1.6	−4.2	27.6	3805	0.77	2.48	61						
34	88.7	69.8	−1.4	−4.0	27.6	3828	0.76	2.48	61	67	1^1	3^1			
34½	84.6	69.8				3891									
36	84.8	69.8	−3.3	−5.3	27.7	3896	0.80	2.41	67	70	1^1	4^1			
38	87.6	69.8				3842									
40	90.4	69.8	−2.2	−4.5	27.7	3795	0.79	2.54	65	72	2^1	4^1			

Zeit	Reduc. Luftdruck oben (Ballon)	Reduc. Luftdruck unten N. N.	Thermometer oben trocken	Thermometer oben feucht	Temperatur unten	Höhe über N. N. m	Temp.-Abnahme auf 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigk. Psychr.	Rel. Feuchtigk. Haarh.	Bewölkung über dem Ballon	Bewölkung unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer	Bemerkungen.
11a47	481.2	69.8	−3.8	−6.6	27.7	3948	0.80	1.91	55	73	2^1	4^1			
48½	83.6	69.8				3908									
54	82.9	69.8	−2.8	−4.8	27.8	3920	0.78	2.57	69	72	3^1	4^1	$\odot^2$		Ci-Federn.
56	82.6	69.8				3925									
12a 0	79.4	69.8	−3.1	−5.7	27.8	3980	0.78	2.18	60	72					
2	76.8	69.8	−3.8	−6.1	27.9	4032	0.78	2.19	68	72	3^1	4^1			Mächtiges Cu-Ni-Gewölk über dem Harz mit Wolkenschirm an den Seiten. In weiterer Entfernung v. Harz nur schwache Cu-Bildung.
4	75.8	69.8				4040									
6	73.7	69.8				4075									
7	74.1	69.8	−4.5		28.0	4068	0.80								
11	72.7	69.7	−4.6	−6.1	28.1	4092	0.80	2.44	74	77	3^1	4^1	$\odot^2$		
14	72.8	69.7	−4.6	−6.3	28.2	4090	0.80	2.38	72	77					
18	69.8	69.7	−4.6	−6.2	28.3	4140	0.79	2.40	73	78					
20	73.5	69.7				4079									
21	75.6	69.7				4044									
29	75.6	69.6	−4.0	−5.6	28.5	4044	0.80	2.52	74				$\odot^2$		
35	69.5	69.6	−4.8	−6.3	28.6	4145	0.81	2.40	75						
35½	70.5	69.6				4128									
40½	65.5	69.6				4213									
43	71.5	69.6				4111									
48	65.2	69.6	−4.7	−6.5	28.8	4219	0.79	2.27	70						0^{45}p erster Donner.
55	63.0	69.6				4240									
1p 00½	62.0	69.6				4257									
2	62.5	69.6	−5.7	−7.8	28.9	4249	0.82	1.91	64		3^1	4^1			
19	57.4	69.5	−5.5	−8.6	29.0	4337	0.79	1.47	49						
22	56.9	69.5	−5.4	−8.5	29.0	4348	0.79	1.4[illegible]	49						
23	56.5	69.5													
26	53.6	69.4	−5.5	−8.5	29.1	4408	0.79	1.49	49	48	3^1	4^1	$\odot^2$		Ballon zieht dem Gewitter parallel.
28	54.5	69.4				4393									
32	53.4	69.4	−5.8	−8.1	29.1	4412	0.78	1.65	54	49					
34	51.[illegible]	69.4	−5.8	−8.7	29.1	4448	0.79	1.52	51						1^{15}p–$1^{3}/_{4}$p häufig Donner, dann eine ruhige Periode.
35	51.4	69.4				4450									
38	48.7	69.4	−5.8	−9.1	29.2	4500	0.78	1.33	45	49					
40	52.4	69.4				4432									Gewitter zieht nach Hessen, ein zweites Gewitter steht über dem Solling.
41	53.4	69.4				4415									
42	55.3	69.3	−5.1	−8.0	29.2	4388	0.79	1.64	52	50	3^1	4^1	$\odot^2$		
45	49.4	69.3	−5.1	−8.0	29.3	4490	0.77	1.64	52						
47	46.9	69.3	−6.2	−9.0	29.3	4535	0.79	1.51	52						
49	52.4	69.3				4435									
2p 1	45.4	69.3				4565									
7	42.2	69.3	(−7.0)	(−8.8)	29.4	4623	0.79			41	2^1	$5^1\infty$	$\odot^2$		
10	42.4	69.2				4620									Dunstschicht unter uns nimmt stark zu, nur wenige Cu durchbrechen dieselbe.
11	42.6	69.2				4618									
20	39.6	69.1	−6.4	−10.8	29.4	4673	0.77	0.75	27						
23	42.9	69.1				4615									
28	39.6	69.0	−6.8	−10.2	29.4	4675	0.77	1.16	42				$\odot^1$		
33	40.8	69.0	−6.0	−10.2	29.4	4655	0.76	0.90	31				$\odot^1$		2^{30}p häufig Donner, aber bald nachlassend.
37½	41.7	69.0				4640									
40	45.0	69.0	−5.2	−10.0	29.4	4583	0.76	0.79	26	40					
44½	40.8	69.0				4665									Kräftige Cu-Bildung über der Ebene.
46	38.7	68.9	−7.0	−10.6	29.5	4695	0.76	1.01	34				$\odot^2$		
49	39.4	68.9	−7.1	−10.8	29.5	4685	0.76	0.90	34		2^1	5^1	$\odot^2$		
53½	39.6	68.9				4682									
59	35.0	68.9				4768									
59½	36.0	68.9				4750									
3p 1	36.8	68.9	−6.8	−9.7	29.5	4785	0.76	1.20	42	42	1^1	4^1	$\odot^2$		Zerzauste Ci.

Zeit	Reduc. Luftdruck oben (Barom.)	Reduc. Luftdruck unten N. N.	Thermometer oben trocken	Thermometer oben feucht	Temperatur unten	Höhe über N. N. m	Temp.-Abnahme auf 100 m	Dampfdruck mm	Rel. Feuchtigk. Psychr.	Rel. Feuchtigk. Haarh.	Bewölkung über dem Ballon	Bewölkung unter dem Ballon	Sonnenschein	Schwarzkugel-Thermometer	Bemerkungen.
3p 5	429.3	68.9	–5.8	– 9.6	29.5	4878	0.73	1.14	38	42					Im Norden thurmförmige Cu, welche beide Dunstschichten durchbrechen.
8	31.9	68.9				4825									
11	29.3	68.9	–7.0	–10.0	29.5	4875	0.75	1.30	48	46					
13	25.7	68.9	–8.2	–11.0	29.5	4940	0.76	1.20	48						
14	24.5	68.9	– 8.6	– 11.2	29.5	4962	0.77	1.23	51	47					Cu-Ni über dem Harz wird verwaschen mit glänzenden (abschmelzenden) Rändern.
15	29.3	68.9				4876									
17	32.4	68.9	– 7.8	– 11.0	29.4	482[illegible]	0.77	1.07	42	47	1^1	4^1	$\odot^2$		
21	29.3	68.9				4877									
23	24.7	68.9	– 8.6	–11.6	29.5	4960	0.77	1.06	44						
25	29.3	68.9	– 8.4	–11.4	29.5	4879	0.78	1.08	44						
37	29.0	68.9	– 8.6	– 11.4	29.5	4885	0.78	1.11	46						
38	31.9	68.9				4832									
44	26.4	68.9	– 7.8	– 10.8	29.5	4932	0.76	1.17	46						
48	21.5	68.9				5024									
51½	30.3	68.9				4861									
54	21.7	68.9				5020									
4p 0	20.5	68.9	– 8.8	–11.3	29.5	5043	0.76	1.25	53		1^1	4^1	$\odot^2$	27.1	
5	20.5	68.9	– 9.2	– 10.9	29.4	5043	0.77	1.25	55						
6	28.5	68.9				4987									
10	16.8	68.9	– 8.9	– 11.8	29.3	5112	0.75	1.07	46						
11	14.1	68.9				5153									
15	15.8	68.9	– 9.0	– 12.0	29.2	5121	0.75	1.02	44						
21	19.1	68.9				5070									
22	20.5	68.9				5044									
23	20.7	68.9	– 9.0	– 11.4	29.1	5046	0.75	1.26	54	44				25.0	
29	12.7	68.9				5190									
33	408.7	68.8	– 9.5	– 12.5	29.0	526[illegible]	0.73	0.94	43					25.4	Grösste Höhe!
37	20.8	68.8	– 8.6		28.9	5038	0.74								
44	75.0	68.8				4082									
47	484.0	68.8				3932									
51	500.0	68.8				3673									
53	498.0	68.8	– 1.2	2.4	28.7	3705	0.80	3.45	85						
55	489.0	68.8	(0.6)	– 3.2	28.6	3850	0.76	2.79	64						
56½	484.0	68.8				3932									
5p 1	478.0	68.8	– 2.1	– 3.6	28.5	4030	0.76	3.04	77				$\odot^2$	19.8	
3	76.1	68.8				4062									
7	81.6	68.8				3970									
9	84.0	68.8				3933									
14	518.0	68.8	1.1	– 0.8	28.3	3385	0.81	3.66	75		1^1	4^1	$\odot^2$		
24	71.5	68.8				2575									
25	76.5	68.8	8.1	4.9	28.0	2500	0.80	5.24	65						
28	602.0	68.8				2125									
30	09.0	68.8				2020									
34	19.0	68.8				1880									
52	66.5	68.8				1250									
59	77.5	68.8				1110									
6p 3	718.0	68.8				605									
7	ca. 750	68.8				c. 215									Landung.
25			25.2			215	—	12.32	52						

sammen — hier zeigt sich nur ein secundäres Minimum — sondern liegt erst in 800 m Höhe. Da gleichzeitig der Dampfdruck und die specifische Feuchtigkeit ihren kleinsten Werth erreichen, so wird man annehmen

müssen, dass bis in diese Höhe eine Wärme-Abgabe von dem Erdboden stattgefunden hat. Ganz ähnliche Vorkommnisse haben Prof. Sohnke und

Tabelle III.

Schicht	Mittlere Höhe	Beob. Temp.	Potentielle Temp.	Dampfdruck	Specif. Feuchtigkeit	Relat. Feuchtigkeit	Zahl der Beob.
0—100	35	15.3	—	11.49	9.44	88	1
100—200	172	18.2	19.9	9.43	7.88	61	3
200—300	238	18.6	21.0	9.57	8.07	60	3
300—400	—	—	—	—	—	—	—
400—500	454	18.1	22.6	9.67	8.36	68	5
500—600	550	17.8	23.3	7.88	6.87	53	4
600—700	649	18.0	24.5	6.20	5.46	40	3
700—800	734	18.1	25.4	4.61	4.09	30	4
800—900	866	17.4	26.0	4.68	4.22	31	3
900—1000	967	16.6	26.2	6.26	5.73	45	4
1000—1100	1057	15.8	26.3	7.01	6.48	53	3

Finsterwalder beobachtet bei Gelegenheit der Münchener Ballonfahrten vom 2. und 8. Juli 1893 und dabei eingehende Untersuchungen über die Herkunft der einzelnen Luftmassen angestellt[1]. So verlockend eine weitere Verfolgung dieser Fragen hier auch erscheinen mag, so soll einstweilen doch davon Abstand genommen werden, da eine Zusammenstellung aller Fälle dieser bei den Phönixfahrten wiederholt beobachteten Erscheinung, wesentlich sicherere Resultate hoffen lässt. Immerhin kann die Tabelle III als ein recht guter ziffermässiger Beleg gelten für die 1888 von Prof. von Bezold ausgesprochenen Anschauungen über Temperaturumkehr in sommerlichen Anticyklonen[2]. Auch für die Vermuthung, dass die Stabilität der atlantischen Anticyklonen durch diese Umkehr befördert werde, bietet sich ein treffendes Beispiel, denn thatsächlich sind, wie schon eingangs erörtert, die Temperaturgradienten an der Nordseeküste ausserordentlich grosse und über dem Meere wird sicherlich während des ganzen Tages Temperaturumkehr bestanden haben. Die Maximaltemperatur auf Helgoland (16°.2) wird sich vermuthlich in etwa 1000 m Höhe wieder gefunden haben. Die geringe Veränderung der Witterungsvertheilung trotz starker Sonneneinstrahlung über dem Festlande wird dadurch ganz erklärlich. Die Tabelle III zeigt uns allerdings andrerseits durch den Wechsel der potentiellen Temperatur und der specifischen Feuchtigkeit, dass die adia-

[1]) Deutsches Meteorolog. Jahrbuch für Bayern. Jahrg. XV. 1893. Heft 3. Ref. in Zeitschr. f. Luftschiff. XIII. 1894. S. 135 u. Meteorolog. Zeitschr. XI. 1894. S. (70).

[2]) Sitzber. d. k. preuss. Akad. d. Wiss. 1888. S. 1199; Meteorolog. Zeitschr. 1889. S. 291.

batischen Vorgänge keineswegs so einfach hervortreten wie bei der Münchener Fahrt vom 2. Juli 1893, sondern das Luftmischungen ziemlich regellos stattgefunden haben müssen. Man sah dies auch vom Ballon aus direkt an der je nach der Bodenbeschaffenheit ungleichen Vertheilung der Dunstschichten.

Während der Ballonfahrt wurde in 1150 m Höhe die gleiche Temperatur wie am Erdboden erreicht, und zwar um 5¼ Uhr, als auch schon am Erdboden die Temperatur seit etwa einer Stunde unter dem Einflusse der Sonnenwirkung gestiegen war; wir können somit das eben besprochene Strahlungsphänomen in etwa 1000 m als beendet betrachten. Im folgenden bedienen wir uns vorwiegend der Tabelle IV, in welcher der Einfachheit halber die Aufzeichnungen für Höhenstufen von 250 m zusammengefasst sind.

Tabelle IV.

1 Schicht	2 Mittlere Höhe	3 ΔH	4 Mittlere Temp.	5 Δt	6 Δt auf 100 m	7 Potentielle Temp.	8 Δt	9 Δt auf 100 m	10 Temp. unten	11 Diff. 7—10	Δ auf 100 m	Zahl der Beob.
Erde	35		15.3									
0—250	195	160	18.4	—3.1	—1.94	20.3			14.6	5.7	2.92	6
250—500	421	226	18.1	0.3	0.13	22.2	1.9	0.84	14.5	7.7	1.73	6
500—750	630	209	18.0	0.1	0.05	24.2	1.0	0.96	14.8	8.4	1.33	10
750—1000	906	276	17.0	1.0	0.36	26.0	1.8	0.65	15.0	11.0	1.22	8
1000—1250	1125	219	15.6	1.4	0.64	26.8	0.8	0.37	15.5	11.3	1.00	8
1250—1500	1371	246	13.7	1.9	0.77	27.8	0.5	0.20	16.2	11.1	0.81	6
1500—1750	1625	254	11.4	2.3	0.92	27.6	0.3	0.12	17.6	10.0	0.61	7
1750—2000	1865	240	9.8	1.6	0.67	28.4	0.8	0.33	18.2	10.2	0.55	5
2000—2250	2100	235	8.7	1.1	0.47	29.6	1.2	0.51	18.8	10.8	0.51	[illegible]
2250—2500	2351	251	6.5	2.2	0.87	29.9	0.3	0.12	20.2	9.7	0.41	6
2500—2750	2626	275	5.2	1.3	0.47	31.4	1.5	0.55	22.5	8.9	0.34	7
2750—3000	2861	235	3.7	1.5	0.64	32.2	0.8	0.34	24.2	8.0	0.28	4
3000—3250	3146	285	1.8	1.9	0.67	33.1	0.9	0.30	25.0	8.1	0.26	6
3250—3500	3384	238	0.9	0.9	0.38	34.5	1.4	0.59	26.5	8.0	0.24	11
3500—3750	3586	202	—0.3	1.2	0.59	35.2	0.7	0.35	27.2	8.0	0.22	8
3750—4000	3866	280	—2.4	2.1	0.75	35.7	0.5	0.18	27.7	8.0	0.21	8
4000—4250	4120	254	—4.6	2.2	0.87	36.2	0.5	0.20	28.2	8.0	0.19	9
4250—4500	4416	296	—5.4	0.8	0.27	38.3	2.1	0.71	29.0	9.3	0.21	8
4500—4750	4654	238	—6.4	1.0	0.42	39.8	1.5	0.63	29.5	10.3	0.22	8
4750—5000	4903	249	—7.9	1.5	0.60	40.8	1.0	0.40	29.5	11.3	0.23	9
5000—5250	5095	192	—9.0	1.1	0.57	41.6	0.8	0.42	29.2	12.4	0.24	7

Entsprechend der starken Sonnenstrahlung müssen auch die potentiellen Temperaturen zunehmen, aber sie wachsen langsamer als die Temperaturen am Erdboden, d. h. die Bedingungen für ein labiles Gleichgewicht werden grösser und innerhalb einzelner Schichten, bei 1500 und 4000 m, wird dasselbe auch beinahe erreicht. Gleichzeitig pflegt die relative Feuchtigkeit

zuzunehmen, (vergl. Tabelle V) der Ballon befindet sich dann wahrscheinlich in einer Region stärkerer aufsteigender Bewegung. Beimischungen horizontal zugeführter Luft werden hier nicht von nennenswerther Bedeutung sein, um so mehr die Terrainverhältnisse, die ihren Einfluss bis zu 4000 m, wenn auch schliesslich nur indirekt durch die einmal eingeleitete Cumulusbildung geltend machen.

So wird die raschere Temperaturabnahme in 1500 m Höhe möglicher Weise dadurch begünstigt sein, dass der Ballon über den sumpfigen Havel-Ufern bei Brandenburg schwebte, wo bei mindestens gleich hoher Temperatur die Feuchtigkeit grösser und das Aufsteigen der Luft erleichtert war. In Einklang hiermit nähert sich auch die Feuchtigkeit oben wieder mehr der Condensationsgrenze. Einen typischen Beleg für die Wirkung örtlicher Einflüsse bietet an diesem Tage das Harzgebirge; das Aufsteigen wird hier noch gefördert durch den an den Nordabhängen sich stauenden Wind. Die Cumulusbildung ist deshalb hier am reichlichsten und die Verdichtung zu Gewitterwolken erfolgt hier zuerst. Leider — vom wissenschaftlichen Standpunkte gesprochen — gelangte der Ballon nicht in das Hauptgebiet der Wolkenbildungen; der dort sicherlich vorhandene labile Gleichgewichtszustand konnte somit nicht direct beobachtet werden, sondern nur die in Folge des Spiels auf- und absteigender Luftströme ziemlich unregelmässige Temperaturabnahme von durchschnittlich 0°.6 auf 100 m. Vom Erdboden aus gerechnet erscheint die Abnahme natürlich viel gleichförmiger, von 2500 bis 5000 m liefert jede einzelne Beobachtung den Werth 0°.8 auf 100 m, es muss also Mittags die Temperatur in den untern Luftschichten bedeutend rascher mit der Höhe abgenommen haben als in den obern. Dies wird auch bestätigt durch die wenigen Beobachtungen während des Abstieges, obgleich dieselben schon auf den Spät-Nachmittag fallen.

Eine nicht unwichtige Veränderung scheint in etwa 4000 m Höhe vor sich gegangen zu sein, wo die Temperatur wesentlich langsamer abnimmt und die Feuchtigkeit innerhalb 500 m auf die Hälfte ihres anfänglichen Betrages (die relative Feuchtigkeit von 70 auf 36%) sinkt. Auch die Differenz: potentielle Temperatur minus Lufttemperatur, die von 2500 m an constant geblieben war, wird jetzt stetig grösser. Es ist hier offenbar warme und trockene Luft beigemischt worden; ob dieselbe aber einfach durch horizontale Strömungen hergeführt ist oder ob sie von dem über dem Harz sich entwickelnden Gewitterheerd herabgeflossen ist und sich mit der allgemein aufsteigenden Luftmasse gemischt hat, lässt sich bei der unregelmässigen Temperaturvertheilung wohl nicht entscheiden. Jedenfalls ragten die Gewitterwolken über dem Harz mindestens bis zu 6000 m herauf und aus den flachen Kuppen der Wolken ist zu schliessen, dass erst in diesen Höhen ein Auflösen der Wolken durch wärmere Luftschichten stattfand. Erst nachdem der Ballon sich vom Gewitter entfernt hatte, wachsen Feuchtigkeit und verticale Temperaturabnahme wieder.

Feuchtigkeit, Bewölkung und Strahlung.

Schon in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass den Feuchtigkeitsbeobachtungen ein recht befriedigender Grad von Genauigkeit zukommen wird, da keinerlei extreme Verhältnisse sich zeigten. Auch das häufig so berechtigte Misstrauen gegen die Berechnungsweise wird in diesem Falle nicht angebracht sein, denn bei mittleren Feuchtigkeitszuständen und mittleren Höhen ist — wie auch neuere Versuche bestätigt haben — die für das Assmann'sche Aspirationspsychrometer benutzte Formel sicher genau genug, wenn es sich um Ballonbeobachtungen handelt. Desgleichen kann die Unsicherheit der Psychrometer-Angaben unter 0° jetzt der Hauptsache nach als gehoben betrachtet werden, nachdem besonders durch die Untersuchungen von Juhlin gezeigt ist, dass man für eine mit Eis bedeckte Thermometerkugel nicht die Spannung für gesättigten Wasserdampf, sondern die geringere Spannung für Eisdampf in die Psychrometerformel einzusetzen hat. Bei Benutzung der neuen Spannkraftstafeln von Juhlin[1]) steht der Beseitigung der früheren Unsicherheit nur noch der Umstand im Wege, dass man häufig nachträglich nicht ermitteln kann, wie lange das Wasser an der Thermometerkugel in überkühltem Zustande verblieben ist. Auf der hier beschriebenen Ballonfahrt lag diese Grenze bei etwa — 4° des feuchten Thermometers. In der Tabelle V sind die Juhlin'schen Werthe benutzt, aber die mit den Regnault-Broch'schen, für Wasserdampf geltenden Tafeln berechneten absoluten und relativen Feuchtigkeiten in Klammern daneben gesetzt. In der Haupttafel II, welche unmittelbar nach der Fahrt zusammengestellt wurde, sind jedoch noch sämmtliche Aufzeichnungen mit den Regnault-Broch'schen Zahlen reducirt; sie sind also in dieser Beziehung in Uebereinstimmung mit den entsprechenden Zusammenstellungen früherer Ballonfahrten. Um unter sich vergleichbare, d. h. von Druck- und Volumänderungen unabhängige Werthe zu haben, ist auch die Dampfmenge (in gr) im Kilogramm Luft, die sogenannte specifische Feuchtigkeit, mitgetheilt (vergl. d. Zeitschr. 1890 S. 119, 1894 S. 1, 329 und 1895 S. 205), obgleich sie in unserem Falle wohl nicht mehr als der Dampfdruck und die relative Feuchtigkeit über vorgekommene Veränderungen aussagt und wegen ihres unregelmässigen Verlaufes auch rechnerisch nicht verwerthet werden kann. Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, dass den zweiten Dezimalen in der Tabelle keine thatsächliche Bedeutung zuzuschreiben ist, sondern dass dieselben lediglich zum Zwecke etwaiger Umrechnungen (in absolute Feuchtigkeit, Mischungsverhältniss) mitgeführt sind.

---

[1]) Abgedruckt in Meteor. Zeitschr. 1891 S. 99. Jelinek's Anleitung. 4. Aufl 1895. S. 11.

Tabelle V.

Schicht	Mittlere Höhe	Temp.	Dampfdruck	Relative Feuchtigkeit	Specif. Feuchtigkeit	Δt für 100 m	Δ spec. F. für 100 m
Erde	35	15°.3	11.49	88	9.44		
0—250	195	18.4	9.30	59	7.80	— 1.9	— 1.2
250—500	421	18.1	9.66	66	8.32	0.1	0.2
500—750	630	18.0	6.46	43	5.60	0.1	— 1.3
750—1000	906	17.0	5.38	38	4.88	0.4	— 0.3
1000—1250	1125	15.6	6.44	49	6.00	0.6	0.5
1250—1500	1371	13.7	6.88	59	6.60	0.8	0.2
1500—1750	1625	11.4	7.56	76	7.48	0.9	0.3
1750—2000	1865	9.8	6.98	77	7.11	0.7	— 0.1
2000—2250	2100	8.7	5.38	65	5.62	0.5	— 0.6
2250—2500	2351	6.5	5.31	73	5.72	0.9	0.0
2500—2750	2626	5.2	4.36	66	4.84	0.5	— 0.3
2750—3000	2861	3.7	3.58	60	4.06	0.6	— 0.3
3000—3250	3146	1.8	2.76	52	3.22	0.7	— 0.3
3250—3500	3384	0.9	1.99	41	2.45	0.4	— 0.3
3500—3750	3586	— 0.3	2.39 (2.40)	54 (56)	2.97	0.6	0.3
3750—4000	3866	— 2.4	2.29 (2.36)	59 (61)	2.95	0.8	— 0.0
4000—4250	4120	— 4.6	2.17 (2.31)	66 (70)	2.88	0.9	— 0.0
4250—4500	4416	— 5.4	1.40 (1.53)	45 (50)	1.93	0.3	— 0.3
4500—4750	4654	— 6.4	0.85 (1.03)	30 (36)	1.20	0.4	— 0.3
4750—5000	4903	— 7.9	1.00 (1.15)	39 (45)	1.46	0.6	— 0.1
5000—5250	5095	— 9.0	1.02 (1.13)	43 (49)	1.52	0.6	0.0

Vorstehende Tabelle unter Hinzuziehung von II ergiebt im Grossen und Ganzen für die relative Feuchtigkeit (und auch für die specifische Feuchtigkeit und den Dampfdruck) einen wellenförmigen Gang mit Maxima am Erdboden, in 1700, 2300 und 4100 m und Minima in 830, 2100, 3400 und 4600 m. Ausserdem kommen noch ebenso wie bei der Temperatur zahlreiche kleine Unregelmässigkeiten vor, die offenbar auf Wolkenbildungen, Terrainverschiedenheiten u. dgl. zurückzuführen sind und daher im Einzelnen kaum erklärt werden können. Zum Verständniss der grösseren Schwankungen müssen wir uns zunächst die Bewölkungsverhältnisse vergegenwärtigen.

Am 1. Juli waren drei verschiedene Wolkenformen zu unterscheiden. Erstens Cirren und Cirrostraten, welche ebenso wie die anderen Luftströmungen aus Ost kamen und wahrscheinlich aus der fern im Nordosten, ausserhalb des Bereiches unserer Wetterkarten liegenden Depression stammten. Eine Mischung mit dieser trockenen und warmen (weil aus grösserer Höhe stammenden) Luftströmung kann den wellenförmigen Verlauf der Feuchtigkeit nicht erklären. Wie stark die untersuchten Luftmassen durch Mischung beeinflusst sind, lässt sich wegen der unregelmässigen Veränderungen ziffernmässig nicht genau feststellen. Im Allgemeinen werden aber die sich mischenden Massen von annähernd gleicher Beschaffenheit gewesen

sein; wo dies nicht der Fall war, müssen die Differenz von potentieller Temperatur und Lufttemperatur und die specifische Feuchtigkeit abnehmen. Dies geschieht in regelmässiger Weise nur über 4000 m; die hier auftretenden Erscheinungen sind auf S. 47 besprochen.

Die zweite Wolkenart jenes Tages war der Cumulus, bezw. die Gewitterwolke, das untrügliche Kennzeichen eines engbegrenzten aufsteigenden Stromes innerhalb einer ausgedehnten herabsinkenden Luftmasse. Der Einfluss der Cumuli auf die Feuchtigkeit ebenso wie auf die Temperatur kann nur in kleinen Unregelmässigkeiten bestehen, aber nicht die grösseren Veränderungen erklären, schon allein deshalb nicht, weil der Ballon sich in annähernd 3000 m Höhe befand, als die Cumulusbildung tief unterhalb begann.

Ausser den erwähnten Wolken wurden während der Fahrt drittens Aufzeichnungen über Dunstschichten gemacht; es scheint, dass diese Gebilde die Feuchtigkeitsvertheilung erheblich beeinflusst haben. Die unterste feuchte Schicht lag zur Zeit der Auffahrt unmittelbar am Boden und hat sich stellenweise wohl bis 800 m erhoben. Am obern Rande derselben ist wahrscheinlich durch Wärme-Absorption und Verdunstung das erste Minimum der Feuchtigkeit (25%) zu Stande gekommen. Ausser dieser untersten Schicht liessen sich vom Ballon aus deutlich noch zwei Schichten gleichzeitig erkennen, die z. B. im Journal um 11ª und 3ᵖ erwähnt sind, also während des ganzen Tages und scheinbar unabhängig vom Terrain bestanden. Die Cumuli bildeten sich unterhalb der niedrigeren Dunstlage und durchbrachen beide Schichten. Die letzteren sind wohl mit dem sogenannten „trockenen“ Nebel im Gebirge nahe verwandt, aber ihre Definition bietet trotzdem einige Schwierigkeiten. Will man sie überhaupt als Wolken auffassen unter der Annahme, dass wenigstens an einzelnen Stellen noch Condensation stattfindet, so wird man sie als strato-cumulus (stratus quietus nach Clement Ley) bezeichnen müssen; ihrer Natur nach sind sie wahrscheinlich Ueberbleibsel der am Vortage gebildeten Cumuli, welche sich am Abend grösstentheils aufgelöst haben und nun als Dunstschichten langsam herabsinken. Es ist bekannt, dass solche Gebilde ebenso wie richtige Wolken starkes Absorptions- und Emissionsvermögen haben, und die Minima der Feuchtigkeit in 830, 2100 und 3400 m bezeichnen daher vielleicht die obere Grenze solcher Dunstschichten, während die Trockenheit in 4600 m nach dem früher Gesagten auch auf andere Weise erklärt werden kann. Oberhalb der Dunstschicht kann sich die aufsteigende Bewegung — in Folge der kräftigeren Sonnenwirkung — besonders stark entwickeln; die Temperatur nimmt daher hier rasch ab und die Feuchtigkeit zu, während mit Annäherung an die nächst höhere Dunstschicht absteigende Massen sich stärker beimischen und so die specifische Feuchtigkeit verringern. Hiernach scheint es, als wenn diese Dunstschichten, welche ja für einen gut ausgeprägten Sommertag typisch sind, einen wesentlichen Faktor für

die Erhaltung des Wetters bilden, indem sie einerseits den verticalen Luftaustausch auf mässige Grenzen zurückführen, andrerseits eine allzustarke Einstrahlung verhüten.

Thatsächlich war die Sonnenstrahlung am Tage der Ballonfahrt verhältnissmässig schwach, was jedoch in erster Linie der Cirro-Stratus-Decke zuzuschreiben ist. Die Tabelle VI giebt die Werthe der Strahlung, gemessen durch die Differenz: „Temperatur des Schwarzkugelthermometers weniger Lufttemperatur“.

Tabelle VI.

Zeit	Höhe	Strahlung	Zahl d. Beob.
$6-6^1/_4{}^a$	1500—1750	17°.1	(3)
$6^1/_4-6^3/_4{}^a$	1750—2000	20.1	(1)
$6^3/_4-7^1/_4{}^a$	2000—2500	21.6	(5)
$7^1/_4-8^a$	2250—2500	20.1	(1)
$8-8^3/_4{}^a$	2500—2750	22.8	(4)
$8^3/_4-9^1/_4{}^a$	2750—3000	30.9	(4)
$9^1/_4-9^3/_4{}^a$	3000—3250	31.4	(4)
$9^3/_4-10^3/_4{}^a$	3250—3500	32.5	(9)
$10^3/_4-11^1/_4{}^a$	3500—3750	34.9	(3)
—	—	—	—
$4-4^3/_4{}^p$	5000—5250	34.9	(3)
5^p	4250—4000	21.9	(1)

Die Zunahme der Strahlung zeigt einen recht gleichmässigen Verlauf, der mehr von der Tageszeit als von der Höhe abhängig zu sein scheint. Leider ist gerade Mittags dem Aktinometer nicht die nöthige Aufmerksamkeit geschenkt, besonders wohl in Folge der Beobachtung der Wolken. Ein sprungweises Anwachsen der Strahlung zeigt sich nur in 2700 m Höhe. Ob dies auf eine Lücke in der Cirro-Stratus-Decke zurückzuführen ist — zeitweilig hoben sich die Cirren sehr scharf vom Himmel ab, während sie meist verwaschen aussahen — oder ob Rückstrahlung von einer Dunstschicht mitgewirkt hat — muss unentschieden bleiben.

Gewitterbildung.

Am Tage der Ballonfahrt entwickelten sich über Deutschland zahlreiche, meist aber schwache und engbegrenzte Gewitter. Schon um 10 Uhr früh werden solche aus Vorpommern gemeldet, im Ballon wurde um 12 Uhr 43 Minuten der erste Donner von dem über dem Harz sich entwickelnden Gewitter gehört. Die Donner wiederholten sich dann in langen Zwischenräumen bis 3 Uhr, abgesehen von zwei Perioden häufigeren Donners von $1^1/_2-1^3/_4$ Uhr und um $2^1/_2$ Uhr. Da das Harzgebirge, von 3 bis 4000 m gesehen, vollständig in Wolken eingehüllt war, so konnte über den Gewitterheerd nichts Genaues festgestellt werden. Der Ballon zog zuerst ziemlich parallel den Gewitterwolken von Ost nach West, bog jedoch seit 1 Uhr mehr und mehr nach WNW um, während die Wolken nach WSW

zu ziehen schienen. Um $2^{1/2\,p}$ konnte man ein neues Gewitter über dem Solling (Uslar meldet Ferngewitter aus E von 2^{56} bis $2^{58\,p}$) und später gewitterhäfte Wolkenbildungen über der Ebene im NE und N sich entwickeln sehen. Aus dem Harz meldet Herzberg den ersten Donner um $12^{54\,a}$, Klausthal das erste (Fern-) Gewitter um $1^{1}/_{4}{}^{p}$, Katlenburg, im SW des Harzes gelegen von 1^{22} bis $1^{45\,p}$, Göttingen (noch weiter südwestlich) $1^{49\,p}$. Man könnte nach den letzten drei Meldungen einen ausgeprägten Gewitterzug vermuthen, wenn nicht ein Bericht des Gewitter-Beobachters in Katlenburg an das Preuss. meteorologische Institut interessante Einblicke in die Entwicklung dieser Erscheinung thäte. Der Beobachter, Herr Lehrer Rokahr schreibt. „Das erste Gewitter schien sich etwa um $1^{1}/_{4}{}^{p}$ über dem Harz zu bilden und hörten die elektrischen Erscheinungen beim Herannahen an die Station auf. . . . . Ein leichter Wind aus E zerstreute darauf die Gewitterwolken vollständig. Bald darauf bildete sich über der Station eine kleine Regenwolke und es fiel in 3 Minuten anhaltender Regen (2^{10}—$2^{13\,p}$). Wenige Minuten später verdichteten sich die Wolken vor dem Langfast (einem kleinen Hügelrücken) und zogen als ziemlich starkes Gewitter ($2^{26\,p}$) in westlicher Richtung (d. h. nach West) ab".

In ganz ähnlicher Weise werden sich die Gewitter allgemein an jenem Tage gebildet haben, wie dies ja auch dem bekannten Charakter der Ostwind-Gewitter entspricht. Die schwache Entwicklung derselben steht mit den im Ballon angestellten Beobachtungen in vollem Einklang, denn bei der durchschnittlich kaum 0°.8 auf 100 m betragenden verticalen Temperatur-Abnahme konnte ein labiles Gleichgewicht nur auf kleinen Gebieten zur Ausbildung kommen. Die Entstehung der Gewitter ist wohl ausschliesslich einer Ueberhitzung der unteren Luftschichten zuzuschreiben; Uebersättigung oder Ueberkaltung, deren Bedeutung für die Gewitterbildung in dieser Zeitschrift (Jahrg. 1892. S. 192) eingehend dargethan ist, sind an diesem Tage wohl nicht zur Geltung gekommen, denn es ist kaum anzunehmen, dass bei dem — deutlich beobachteten — Durchgang der Cumuli durch zwei Wolken- oder Dunstschichten eine erhebliche Verzögerung des Aggregatzustandes möglich war. Das Beobachten einer Luftdruckstufe in Klausthal (1^{p}: 719.0, $1^{30\,p}$: 719.9, 2^{p}: 719.1 mm) ist sicherlich nur ein Schreibfehler, da Temperatur und Feuchtigkeit keine nennenswerthen Aenderungen aufweisen.

Die Höhe, bis zu welcher sich die Gewitterwolken erstreckten, wurde vom Ballon aus auf mindestens 6000 m geschätzt. In dieser Region war ein Auflösen der Wolken deutlich erkennbar: vermutlich durch Mischung verflachten sich hier die hoch aufstrebenden Cumulusköpfe und es bildeten sich an ihrer Stelle sanfte Kuppen mit hellglänzenden abschmelzenden Rändern. Das Gewölk nahm im Laufe des Nachmittags immer mehr verwaschene Gestalt an, nur die glänzenden Ränder hoben sich scharf von der Masse ab.

Windvertheilung.

Die Flugbahn des Ballons und damit die Windvertheilung wurde von meinem Kollegen Berson während der Fahrt sehr genau festgestellt durch Identificirung einer grossen Zahl von Punkten, welche senkrecht überflogen wurden. Nur über dem südlichen Hannover und über Lippe konnte aus Mangel an Karten nicht die gleiche Genauigkeit wie vorher erreicht werden. Das Ergebniss zeigt die folgende Zusammenstellung.

Tabelle VII.

Zeit	Höhe	Mittlere Höhe	Wind-geschw. m. p. s.	Richtung aus
3^{47}—4^{1}a	35—441	238	3.2	ENE
4^{1}—4^{30}a	441—738	590	4.4	ENE
4^{30}—4^{41}a	738—882	810	6.5	ENE
4^{41}—4^{57}a	882—1022	952	7.4	ENE
4^{57}—5^{6}a	1022—1082	1052	5.4	ENE
5^{6}—5^{21}a	1082—1226	1154	6.0	E
5^{21}—5^{50}a	1226—1481	1354	7.8	E
5^{50}—6^{9}a	1481—1650	1565	7.0	E
6^{9}—$6^{41\frac{1}{2}}$a	1650—1901	1775	6.9	E
$6^{11\frac{1}{2}}$—7^{45}a	1901—2354	2127	5.8	ENE
7^{45}—$8^{22\frac{1}{2}}$a	2354—2578	2466	6.4	NE
$8^{22\frac{1}{2}}$—8^{53}a	2578—2727	2654	7.9	NE
8^{53}—9^{15}a	2727—2917	2822	7.2	NE
9^{15}—9^{52}a	2917—3248	3082	7.0	NE
9^{52}—10^{48}a	3248—3350	3299	6.8	ENE
10^{48}—11^{20}a	3350—3580	3465	5.1	ENE
11^{20}—$11^{34\frac{1}{2}}$a	3580—3891	3735	6.7	ENE
$11^{34\frac{1}{2}}$—12^{6}a	3891—4075	3983	5.9	E
0^{6}—2^{44}p	4075—4665	4370	6.2	E
2^{44}—2^{59}p	4665—4768	4716	5.6	E
2^{59}—3^{54}p	4768—5020	4894	5.5	ESE
3^{54}—4^{11}p	5020—5153	5086	6.8	ESE
4^{11}—4^{21}p	5153—5070	5112	7.7	ESE
4^{21}—6^{1}p	5070—600	2432	3.8	E
Mittel			5.94	

Wie die übrigen Elemente weist auch der Wind ein recht ungleichmässiges Verhalten auf. Die Windrichtung, welche aus dem Fahrt-Diagramm der Tafel unmittelbar erkennbar ist, war im Mittel eine rein östliche; der Landungsplatz des Ballons liegt, abgesehen von dem Längen-Unterschied, nur 50 km südlich von Berlin. In der ersten Hälfte des Tages zieht der Ballon meist nach WSW — ein Grund für die Ausbuchtung nach W zwischen Potsdam und Magdeburg ist nicht ersichtlich — seit Mittag nach W bis WNW. Der Kurs am Nachmittag scheint vorwiegend durch das Gewitter bedingt zu sein. Am Erdboden kommt der Wind meist aus NE.

Die Windgeschwindigkeit blieb während des ganzen Tages unten sehr schwach, in Potsdam schwankte sie von 3^a bis 6^p nur von 1.4 bis 3.8 m p. s., in Magdeburg von $5-11^a$ von 0.0 bis 2.4 m p. s. In geringen Höhen zeigt sich ein ziemlich rasches Anwachsen der Windstärke bis auf etwa 7 m. p. s. in 1000 m Höhe, darauf ein mehrfaches Schwanken zwischen 5 und 8 m, aber doch im Allgemeinen die Neigung des Windes immer mehr abzuflauen. Besonders auffallend ist dies zwischen 4000 und 5000 m, wie dies die folgende Gruppirung zeigt:

Zeit	Höhe	Windgeschw.
$8^3/_4-5^a$	0—1000 m	4.7 m p. s.
$5-7^a$	1—2000	6.8
$7-9^1/_2{}^a$	2—3000	6.8
$9^1/_2-12^a$	3—4000	6.4
$12-4^p$	4—5000	5.9

Vielleicht sind diese Werthe durch einen täglichen Gang der Windgeschwindigkeit, wie man ihn auch auf Bergen gefunden hat, etwas beeinflusst. Ueber 5000 m nimmt die Windstärke rasch zu (Mittel 7 m p. s.), aber nach den vorher gefundenen Unregelmässigkeiten kann man aus den zwei über 5000 m gewonnenen Zahlen nicht viel schliessen. Unerwartet klein ist endlich der für den Abstieg geltende Mittelwerth von 3.8 m p. s. für die Gesammtschicht 5265 bis 600 m.

Im Vergleich zu dieser schwachen horizontalen Bewegung muss der verticale Austausch ziemlich kräftig gewesen sein. Einen Anhalt, wenn auch kein absolutes Mass hierfür bietet die Geschwindigkeit des Aufsteigens der Cumuli nach der Zeit zwischen dem Durchsetzen zwei Dunstschichten. Letzteres trat bei den Wolken am Harz ein um $10^1/_4$ und $10^3/_4$ Uhr, woraus sich unter Annahme einer Entfernung beider Schichten von 1500 m eine Geschwindigkeit von 0.8 m p. s. ergiebt. Aus der Zeit der ersten allgemeinen Cumulusbildung um $9^1/_2{}^a$ in etwa 800 m bis zu ihrer grössten Entwicklung um $12^1/_2{}^p$ in mindestens 6000 m Höhe findet man 0.5 m p. s., wobei zu bedenken ist, dass das Aufsteigen in grösseren Höhen sicher langsamer erfolgt ist.

Wie zu erwarten war, hat die Diskussion dieser Ballonfahrt keine direkt überraschenden meteorologischen Ergebnisse zu Tage gefördert, aber die genaue Feststellung der Thatsachen wird doch vielleicht etwas beitragen zur Bestätigung und Erweiterung unserer Kenntnisse von den Vorgängen in einer stationären Anticyklone.

Rel. Feuchtigkeit

100%
80
60
40
20
6''

Temperatur.

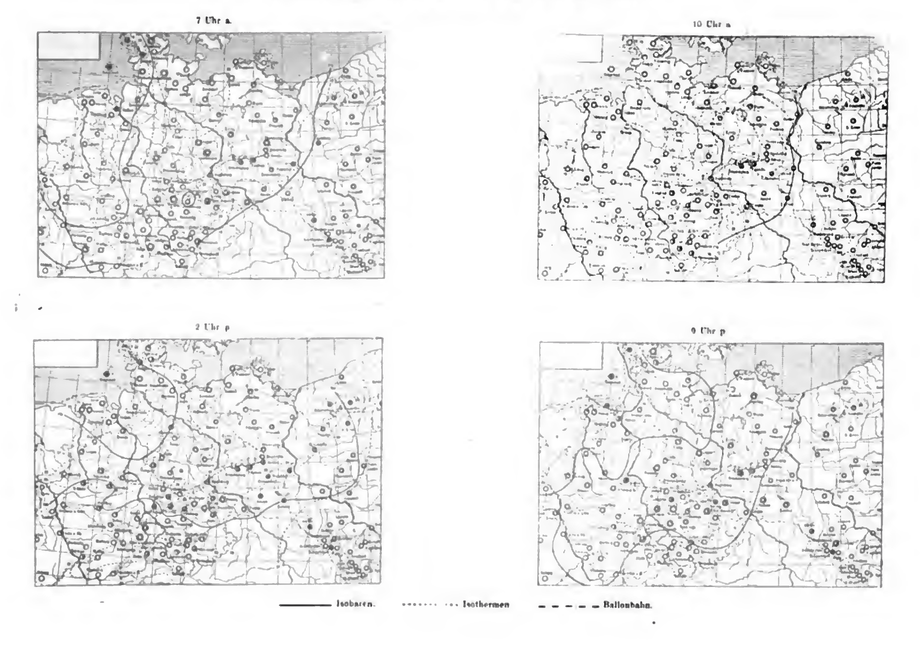
25
20
15
10
5
C° 0
-5
-10
6''

Höhe 15 fach überhöhen.

m 5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
6''

Landung

Witterungsverhältnisse am 1. Juli 1894.



Nachtrag über die wissenschaftlichen Freifahrten bis Ende 1899.

Nach

Fortsetzung der tabellarischen Zusammenstellung von S. 102

Nr.	Datum	Zeit der Abfahrt	Zeit der Landung	Fahrtdauer Std. Min.	Ballon	Landungs-Ort
	1895					
48	27.4	10.28a	ca. 5p	ca. 5½p	Cirrus	Bei Hövangegaard bei Nystedt, Laaland, Dänemark
49	15.6	10.12	7.49	9.37	Bussard	Zwischen Alt-Belz und Cöslin
50	22.8	9.33	11.50a	2.15	Cirrus	Bei Petershagen bei Briesen, Frankfurt a. O.
	1896					
51	2.5	3.55a	2.45p	10.50	Phönix	Bei Sangerhausen
52	14.11	2.44	2.21	11.37	Bussard	Bei Volkshagen bei Ribnitz, Ostseeküste
53	14 11	2.51	3.40a	0.59	Cirrus	Im Grunewald bei Berlin
	1897					
54	18.2	10.9½a	5.57½p	7.47	Feldballon	Bei Wilhelmsdorf nahe Nakel
55	18.2	9.40	4.35	6.55	Condor	Bei Abbau Kahlstädt bei Kolmar, Posen
56	18.2	11.4	3.20	4.16	Ersatz-Cirrus	Bei Seeren nahe Tempel, Kr. Meseritz
57	14.4	11.18	3.20	5.11	Cirrus II	Bei Hennersdorf nahe Görlitz
58	13.5	3.39	12.43	9.4	Sperber	Colonie Friedrichsthal, Kr. Stolp
59	13.5	4.0	6¼a	2.15	Cirrus II	Alt-Lietzegöricke, Kr. Königsberg N M
60	18.6	4 37p	7.24p	2.47	Vereinsballon	Alexanderhof bei Prenzlau
61	20.6	2 59	3.57	0.58	„	Neuenhagen a. d. Ostbahn
62	27.6	4.46	7.26	2.40	„	Bahnhof Wustermark, Lehrter Bahn
63	18 7	4.54	9.0	4 6	„	Bei Briesen, Frankfurt a. O.
64	10.10	2.30	5.40	3.10	„	Wulckow bei Frankfurt a. O.
	1898					
65	13.2	11.35a	5.8p	5.33	„	Dohnafeld, Kr. Schievelbein
66	10.3	9.3	5.0	7.57	„	Klein-Schönwalde bei Greifswald
67	8.6	2.39	4.10	13.30	„	Hof Bräsegard bei Picher, Mecklenburg-Schwerin
68	8.6	8.53	4.25	7.32	„	Schmergow a. d. Havel, nördlich von Gross-Kreutz
69	8 6	6.0	3.8	9.6	Dohle	Quitzöbel nahe bei Wilsnack
70	8.6	11.55	7.0	7.5	Condor	Bei Rathenow
71	26/27.8	10.30p	4.10a	5.40	Vereinsballon	Admannshagen bei Warnemünde
72	15.9	2.5	3.55p	1.50	Excelsior	Cranham bei Upminster nächst Romford
73	15.9	10.40a	4.29	5.49	Vereinsballon	Bei Cernilow bei Königgrätz, Böhmen
74	3.10	10.55	5.10	6.23	„	Bei Pietzpuhl bei Burg a. d. Ihle
	1899					
75	24 3	8.28	3.20	6.52	„	Schwadtken bei Landsberg in Ostpreussen
76	3.10	9.9a	2.28p	5.19	„	Lissewo bei Kurnatowo (Kr. Graudenz, W.-Pr.)
77	3.10	9.43a	12.43p	3.0	„	Lewitz bei Tirschtiegel (Posen)

trag

md 103 über die wissenschaftlichen Freifahrten bis Ende 1899.

'ahrt-länge Kilometer	Maximalhöhe Meter	Tiefste Temperatur in C⁰	Mittlere Geschwindigkeit Meter pr. Sec.	Führer des Ballons	Theilnehmer resp. Beobachter	Bemerkungen.
265	21800	– 44 (?)	13.4	unbemannt		H-Füllung.
285	1340	4.3	8.2	Gross	Berson und 2 Officiere	Militärfahrt.
68	11700	—44	8.4	unbemannt		
255	4615	—16.4	6.5	Gross	Berson, Nieber, Brähmer	6 Frühfahrt.
205	5805	—24.4	4.9	v. Kehler	Berson	6. Nachtfahrt. I. internationale Fahrt.
12	5815	—26.0	3.4 (?)	unbemannt		Ballon defect geworden.
205	4632	—13.8	10.5	Berson		H-Füllung. II. internat Fahrt.
230	3758	— 7.5	9.2	v. Kehler	Süring	
140	8930	—46	9.1	unbemannt		An Stelle d. geplatzt. Cirrus II.
190	13285	—54	10 2	"		
340	5730	—33.1	10.4	Berson		7. Frühfahrt. III. intern Fahrt.
3	7875	—49	9.0	unbemannt		
106	2197	— 3.0	10.6	Neumann	Berson	Vereinsfahrten.
25	1786	— 0.3	7.2	Berson	Süring	Vereinsfahrten.
8	2118	9.7	2.9	Berson		Vereinsfahrten.
1	2760	1.6	4.8	Berson		Vereinsfahrten.
3	2213	— 5.6	7.3	Süring	Stade	Vereinsfahrten.
225	2171	— 5.7	11 3	Berson		Vereinsfahrt.
182	1419	— 3 2	6.4	Gross	Vereinsmitglieder	Vereinsfahrt.
1. 185	5477	—13.0	5 2	Berson		8. Frühfahrt. — 5. internationale Fahrt.
a. 57	5274	—14.7	2.1	Süring		5. internationale Fahrt.
112	4272	— 7.8	3.4	Gross	2 Officiere	H. beigemischt — 5. internationale Fahrt.
72	2930	0.1	2.9	v. Siegsfeld	2 Officiere	5. internationale Fahrt.
215	331	12 7	10.5	Berson	Vereinsmitglieder	7. Nachtfahrt.
30	8320	—34.1	4.5	St. Spencer	Berson	In England. H-Füllung
312	6191	—14.6	14.9	Süring		Gleichzeitig mit No 72
118	7377	—21.8	5.3	Berson	Süring	H Füllung. 6. intern Fahrt.
512	7955	—48.2	20 7	Süring		H-Füllung 7. intern. Fahrt
872	6625	—28.1	19 5	Berson	Hergesell	H-Füllung — 8 internationale Fahrt.
178	2393	— 1.6	16.5	Süring	Mitglieder des Geographen-Kongresses	Leuchtgas-Füllung — 8 internationale Fahrt.

